

电气自动化类应用技术丛书

PLC 基础与实战

薛迎成 何坚强 姚志垒 编著

電子工業出版社

Publishing House of Electronics Industry

北京 • BEIJING

内 容 简 介

本书第 1~7 章介绍了西门子 PLC、三菱 PLC 的基础知识、硬件系统、存储器系统、指令系统、编程语言、编程调试和仿真方法。第 8 章介绍了三菱 CC-Link 网络,第 9 章介绍了 FX2N PLC 在废纸打包机控制系统中的应用,第 10 章介绍了 FX2N PLC 在下料机上的应用,第 11 章介绍了西门子 S7-200 PLC 和 F940 触摸屏在砌块成型机上的应用,第 12 章介绍了三菱 CC-Link 现场总线在生产线上的应用,第 13 章介绍了 FX2N PLC 和台达触摸屏在污水处理控制系统中的应用。

书中采用实例详解的方法,以大量图表的形式由浅入深地介绍了触摸屏与 PLC 的联合应用。本书通俗易懂,实例的实用性和针对性强,既可作为电气控制领域技术人员的自学参考书,也可作为高职高专、成人高校、本科院校电气工程、自动化、机电一体化、计算机应用等专业的参考教材。

未经许可,不得以任何方式复制或抄袭本书之部分或全部内容。

版权所有,侵权必究。

图书在版编目(CIP)数据

PLC 基础与实战 / 薛迎成,何坚强,姚志垒编著. —北京:电子工业出版社,2010.8

(电气自动化类应用技术丛书)

ISBN 978-7-121-11452-6

I. ①P… II. ①薛… ②何… ③姚… III. ①可编程序控制器 IV. ①TM571.6

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2010)第 143552 号

责任编辑:康 霞

印 刷:

装 订:

出版发行:电子工业出版社

北京市海淀区万寿路 173 信箱 邮编 100036

开 本:787×1092 1/16 印张:18.25 字数:467.2 千字

印 次:2010 年 8 月第 1 次印刷

印 数:4 000 册 定价:39.00 元

凡所购买电子工业出版社图书有缺损问题,请向购买书店调换。若书店售缺,请与本社发行部联系,联系及邮购电话:(010) 88254888。

质量投诉请发邮件至 zltz@phei.com.cn,盗版侵权举报请发邮件至 dbqq@phei.com.cn。

服务热线:(010) 88258888。

前 言

可编程序控制器简称 PLC，是以计算机为核心的工业自动化控制装置，它集计算机技术、自动化技术和网络通信技术于一体，具有功能强、可靠性高、使用方便、维护简单等特点，在工业生产控制中得到广泛应用。

本书对西门子 PLC、三菱 PLC 进行了详细分析，并结合工程实例系统地介绍了 PLC 应用程序设计的理论、算法及其实现技巧。

本书第 1~7 章介绍了西门子 PLC、三菱 PLC 的基础知识、硬件系统、存储器系统、指令系统、编程语言、编程调试和仿真方法；第 8 章介绍了三菱 CC-Link 网络；第 9 章介绍了 FX2N PLC 在废纸打包机控制系统中的应用；第 10 章介绍了 FX2N PLC 在下料机上的应用；第 11 章介绍了西门子 S7-200 PLC 和 F940 触摸屏在砌块成型机上的应用；第 12 章介绍了三菱 CC-Link 现场总线在生产线上的应用；第 13 章介绍了 FX2N PLC 和台达触摸屏在污水处理控制系统中的应用。

本书内容完整、概念清晰、算法实用、独创求新、涉及面广、信息量大，是 PLC 编程的实用指南，可帮助您尽快步入 PLC 编程殿堂，进而成为精通多品牌 PLC 编程技术的高手。

书中采用实例详解的方法，以大量图表的形式由浅入深地介绍触摸屏与 PLC 的联合应用，实例实用性和针对性强。既可作为电气控制领域技术人员的自学参考书，也可作为高职高专、成人高校、本科院校的电气工程、自动化、机电一体化、计算机应用等专业的参考教材。

本书第 1、2 章由何坚强编写，第 3、4 章由姚志垒编写，其余内容由薛迎成编写，胡国文教授审阅了全部书稿并提出了很多宝贵意见，盐城长城的王柏、张领提供了许多资料，崔旭兰、薛文菁参加了本书大量文稿的整理和校对工作。在本书编写过程中，得到了亚控、西门子、三菱、盐城长城等单位的大力支持，在此一并表示感谢。

由于编著者水平有限，书中难免错漏之处，希望各位同仁、专家多提宝贵意见。

本书得到盐城工学院教材出版基金资助出版。

编著者
2010 年 6 月

目 录

第 1 章 可编程控制器概况	(1)
1.1 PLC 的特点和功能	(1)
1.2 PLC 的结构及基本配置	(3)
1.3 PLC 的工作原理	(5)
1.4 编程语言和编程软件	(7)
1.5 PLC 的性能指标与发展趋势	(9)
1.6 国内外 PLC 产品和分类	(11)
1.6.1 PLC 产品	(11)
1.6.2 PLC 的分类	(13)
第 2 章 三菱可编程控制器及指令系统	(15)
2.1 FX 系列 PLC 硬件配置及性能指标	(15)
2.1.1 FX 系列 PLC 型号的说明	(15)
2.1.2 FX 系列 PLC 硬件配置	(16)
2.1.3 FX 系列 PLC 的性能指标	(20)
2.2 FX 系列 PLC 的编程元件	(21)
2.3 FX 系列 PLC 的基本指令	(27)
2.3.1 FX 系列 PLC 的基本逻辑指令	(27)
2.3.2 FX 系列 PLC 的步进指令	(33)
2.4 FX 系列 PLC 的功能指令	(34)
2.4.1 概述	(34)
2.4.2 FX 系列 PLC 功能指令介绍	(36)
2.5 Q 系列可编程控制器概述及 I/O 地址分配	(39)
2.5.1 Q 系列可编程控制器概述	(39)
2.5.2 Q 系列可编程控制器 I/O 地址分配	(40)
2.6 Q 系列可编程控制器编程元件	(43)
2.7 GX Developer 软件包使用	(51)
第 3 章 三菱可编程控制器编程软件	(56)
3.1 FXGPWIN 编程软件应用	(56)
3.1.1 概述	(56)
3.1.2 程序编制	(59)
3.1.3 程序检查	(60)
3.1.4 程序传送	(61)

3.1.5	软元件的监控和强制执行	(61)
3.1.6	其他菜单及目录的使用	(63)
3.2	GPP 软件简介	(64)
第 4 章	西门子可编程控制器及指令系统	(69)
4.1	SIMATIC 综述	(69)
4.2	SIEMENS S7-200 可编程控制器	(71)
4.2.1	S7-200 系列 PLC 的硬件配置	(71)
4.2.2	S7-200 系列 PLC 的主要技术性能	(73)
4.2.3	S7-200 CPU 存储器的数据类型及寻址方式	(75)
4.3	S7-200 系列 PLC 指令系统	(81)
4.3.1	基本指令	(81)
4.3.2	功能指令	(88)
4.4	SIMATIC S7-300 PLC 硬件构成	(98)
4.5	S7-300 PLC 组织块与存储区	(103)
4.6	S7-300 PLC 进制数和数据类型	(106)
4.7	S7-300 PLC 指令结构	(108)
4.8	SIMATIC S7-300 PLC 指令	(109)
第 5 章	西门子可编程控制器编程软件	(116)
5.1	S7-200 编程软件的使用	(116)
5.1.1	安装编程软件	(116)
5.1.2	主界面	(117)
5.1.3	系统组态	(120)
5.1.4	程序编辑	(124)
5.1.5	程序调试及监控	(130)
5.2	S7-200 编程实例	(132)
5.3	S7-300 编程软件的使用方法	(135)
5.4	S7-300 编程实例	(145)
第 6 章	可编程控制器控制系统设计	(151)
6.1	可编程控制器控制系统设计的内容和步骤	(151)
6.1.1	PLC 控制系统设计的基本内容	(151)
6.1.2	PLC 控制系统设计的基本步骤	(152)
6.2	可编程控制器控制系统的硬件设计	(153)
6.3	可编程控制器控制系统的软件设计	(158)
6.4	PLC 梯形图设计思维的培养方法	(161)
第 7 章	PLC 网络通信	(164)
7.1	PLC 常用通信接口	(164)
7.2	典型 PLC 网络通信方法介绍	(167)

7.2.1	PLC 网络类型及通信协议	(167)
7.2.2	常用的 PLC 网络通信方法介绍	(170)
7.3	典型的 PLC 网络结构	(173)
7.4	S7-300 与 S7-200 的 EM277 之间的 PROFIBUS DP 通信	(175)
第 8 章	三菱 CC-Link 网络	(183)
8.1	CC-Link 简介	(183)
8.2	CC-Link 的系统设备	(186)
8.3	CC-Link 数据通信参数设置	(189)
8.4	缓冲存储器和链接特殊继电器/寄存器	(193)
第 9 章	FX2N PLC 在废纸打包机控制系统中的应用	(201)
9.1	全自动废纸打包机的结构	(201)
9.2	电气控制硬件电路设计	(202)
9.3	PLC 程序设计	(206)
9.4	触摸屏界面设计	(208)
第 10 章	FX2N PLC 在下料机上的应用	(213)
10.1	下料机的结构与动作要求	(213)
10.2	下料机系统 PLC 内部资源分配	(217)
10.2.1	FX2N 内部资源分配	(217)
10.2.2	下料机详细 PLC 顺序动作流程	(218)
10.3	控制系统 PLC 程序	(220)
第 11 章	西门子 S7-200 PLC 和 F940 触摸屏在砌块成型机上的应用	(228)
11.1	砌块成型机工艺流程	(228)
11.2	砌块成型机电气设计	(231)
11.3	I/O 地址分配	(235)
11.4	S7-200 PLC 程序设计	(238)
11.5	触摸屏界面介绍	(240)
第 12 章	三菱 CC-Link 现场总线在生产线上的应用	(247)
12.1	涂装生产线的工艺流程	(247)
12.2	控制系统总体设计	(247)
12.3	PLC 程序设计	(254)
第 13 章	FX2N PLC 和台达触摸屏在污水处理控制系统中的应用	(258)
13.1	污水处理工艺流程	(258)
13.2	控制系统的硬件设计	(258)
13.3	PLC 程序	(263)
13.4	触摸屏界面制作	(26)

第 1 章 可编程控制器概况

1.1 PLC 的特点和功能

1. PLC 的基本概念

可编程控制器（Programmable Controller）简称 PC，为了与个人计算机的 PC 相区别，用 PLC 表示。

PLC 是在传统顺序控制器的基础上引入了微电子技术、计算机技术、自动控制技术和通信技术形成的新型工业控制装置，目的是用来取代继电器，执行逻辑、记时、计数等顺序控制功能，建立柔性的程序控制系统。国际电工委员会（IEC）颁布了对 PLC 的规定：可编程控制器是一种数字运算操作的电子系统，专为在工业环境下的应用而设计。它采用可编程序的存储器，用来在其内部存储执行逻辑运算、顺序控制、定时、计数和算术运算等操作的指令，并通过数字的、模拟的输入和输出，控制各种类型的机械或生产过程。可编程控制器及其有关设备，都应按易于与工业控制系统形成一个整体，易于扩充其功能的原则设计。

2. PLC 的特点

可编程控制器为了适应在工业环境中的使用，有如下特点：

（1）编程方便，易于使用

可编程控制器的编程可采用与继电器电路极为相似的梯形图语言，这种编程语言形象直观，容易掌握，不需要专门的计算机知识和语言，有一定电工和工艺知识的人员在短时间内都可学会，因此是目前 PLC 中最常用的一种编程语言。近年来又发展了面向对象的顺控流程图语言（Sequential Function Chart, SFC），也称功能图，使编程更简单方便。

（2）控制系统构成简单，通用性强

PLC 产品种类繁多，利用琳琅满目的各种组件（如 I/O 模块、通信模块、人机界面等）就可以灵活组成各种大小及不同要求的控制系统。在构成可编程控制器系统时，只需要在其 I/O 组件的端子上接入相应的输入/输出线即可，不需要诸如继电器之类的固体电子器件和大量繁杂的硬件接线线路。当控制要求改变需要变更控制系统的功能时，可以用编程器在线或离线修改程序；同一个可编程控制器用于不同的控制对象时，只需要改变其输入/输出组件和编制不同的控制程序即可，修改程序简单易行。有的可编程控制器还可以直接与交流 220V 强电相连，从而提高其带负载的能力。

（3）可靠性高，抗干扰能力强

可编程控制器生产家在硬件和软件方面均采取了一系列抗干扰措施，使它可以直接安装于工业现场稳定、可靠地工作。目前各生产厂家生产的可编程控制器，其平均无故障时间



都大大超过了 IEC 规定的 10 万小时（折合为 4166 天，约 11 年）。而且为了适应特殊场合的需要，有的可编程控制器生产商还采用了冗余设计和差异设计（如德国西门子公司的可编程控制器），进一步提高了其可靠性。

（4）体积小，维护方便

PLC 体积小，重量轻，非常便于安装。一般的 PLC 都具有自诊断功能，能检查出自身的故障，并随时显示给操作人员。另外，目前大部分 PLC 控制系统都采用模块化结构，接线很少，在查出故障之后，只需更换模块即可，维护很方便。

（5）缩短了设计、施工、投产调试的周期

采用继电器接触器控制系统完成一项控制工程，必须首先按工艺要求设计出电气原理图，然后画出继电器接触器控制柜的布置及接线图，才能提供订货，而且一旦设计完成，修改非常不便。而采用 PLC 控制系统却很方便，首先，由于其硬件、软件配置均采用模块化、积木式结构，只需按要求选用各种组件组装，而大量具体的程序编制工作可在硬件到货后进行，既缩短了设计周期，还可使设计和施工同时进行。其次，在 PLC 控制系统中，用软件编程取代由许多继电器硬件接线来实现的多种控制功能，从而大大减轻了繁重的安装接线工作，缩短了施工周期。最后，由于 PLC 是通过程序来完成控制的，而且采用了方便用户的工业编程语言，具有强制及仿真的功能，故程序设计、修改和投产调试都很方便、安全，可以大大缩短设计和投运周期。

（6）PLC 功能非常齐全

除了上述特点外，PLC 功能也非常齐全。如具有开关量输入/输出、模拟量输入/输出和大量的内部中间继电器、时间继电器（定时器）、计数器等；具有逻辑控制、顺序控制、信号/数据处理及各种接口功能（可配备的一般 I/O 接口模块和一些智能模块，如通信模块，高精度定位模块、远程 I/O 控制等）等。现在的可编程控制器还具有强大的网络功能，可以通过各种通信接口将数据直接传送给上位机，以实现上位机的数据采集和监控。如美国 Rockwell 公司的 PLC 可以组成诸如以太网（EtherNet）、控制网（ControlNet）、设备网（DeviceNet）及传统的 DH+网、DH485、远程 I/O（Remote I/O）等网络，大大加强了可编程控制器的功能。

3. PLC 的产生与发展

可编程控制器出现以前，在工业电气控制领域中，继电器控制占主导地位。但是电器控制系统存在体积大、可靠性低、查找和排除故障困难等缺点，特别是其接线复杂、不易更改，对生产工艺变化的适应性差。

1968 年，美国通用汽车公司为了适应汽车型号不断更新，生产工艺不断变化的需要，实现小批量、多品种生产，希望能有一种新型工业控制器，以降低成本，缩短周期。于是就设想将计算机功能强大、灵活、通用性好等优点与电器控制系统简单易懂、价格便宜等优点结合起来，制成一种通用控制装置，而且这种装置采用面向控制过程、面向问题的“自然语言”进行编程，使不熟悉计算机的人也能很快掌握使用。

1969 年，美国数字设备公司（DEC）根据美国通用汽车公司的这种要求，研制成功了世界上第一台可编程控制器，并在通用汽车公司的自动装配线上试用，取得很好的效果。从此



这项技术迅速发展起来。

早期的可编程控制器仅有逻辑运算、定时、计数等顺序控制功能，只是用来取代传统的继电器控制，通常称为可编程逻辑控制器（Programmable Logic Controller）。随着微电子技术和计算机技术的发展，20 世纪 70 年代中期，微处理器技术应用到 PLC 中，使 PLC 不仅具有逻辑控制功能，还增加了算术运算、数据传送和数据处理等功能。

20 世纪 80 年代以后，随着大规模、超大规模集成电路等微电子技术的迅速发展，16 位和 32 位微处理器应用于 PLC 中，使 PLC 不仅控制功能增强，可靠性提高，功耗、体积减小，成本降低，编程和故障检测更加灵活方便，而且具有通信和联网、数据处理和图像显示等功能。PLC 真正成为具有逻辑控制、过程控制、运动控制、数据处理、联网通信等功能的名符其实的多功能控制器。

自从第一台 PLC 出现以后，日本、德国、法国等也相继开始研制 PLC，并得到迅速发展。目前，世界上有 200 多家 PLC 厂商，400 多品种的 PLC 产品，各流派 PLC 产品都各具特色，如日本主要发展中小型 PLC，其小型 PLC 性能先进，结构紧凑，价格便宜，在世界市场上占重要地位。著名的 PLC 生产厂家主要有美国的 AB 公司、GE 公司，日本的三菱电机公司、欧姆龙公司，德国的 AEG 公司、西门子公司，法国的 TE 公司等。

我国的 PLC 研制、生产和应用也发展很快，尤其在应用方面更为突出。在 20 世纪 70 年代末到 80 年代初，我国随国外成套设备、专用设备引进了不少国外的 PLC。此后，在传统设备改造和新设备设计中，PLC 的应用逐年增多，并取得显著的经济效益，PLC 在我国的应用越来越广泛，对提高我国工业自动化水平起到了巨大作用。目前，我国不少科研单位和工厂在研制和生产 PLC，如辽宁无线电二厂、无锡华光电子公司、上海香岛电动机制造公司、厦门 AB 公司等。

从近年统计数据看，PLC 产品的产量、销量、用量高居工业控制装置榜首，而且市场需求量一直以每年 15% 的比率上升。PLC 已成为工业自动化控制领域中占主导地位的通用工业控制装置。

1.2 PLC 的结构及基本配置

一般讲，PLC 分为箱体式和模块式两种，它们的组成是相同的。箱体式 PLC 有一块 CPU 板、I/O 板、显示面板、内存块、电源等，按 CPU 性能分成若干型号，并按 I/O 点数又有若干规格；模块式 PLC 有 CPU 模块、I/O 模块、内存、电源模块、底板或机架。无论哪种结构类型的 PLC，都属于总线式开放型结构，其 I/O 能力可按用户需要进行扩展与组合。PLC 的基本结构如图 1-1 所示：

1. CPU 的构成

PLC 中的 CPU 是 PLC 的核心，起着神经中枢的作用，每台 PLC 至少有一个 CPU，它按 PLC 的系统程序赋予的功能接收并存储用户程序和数据，用扫描的方式采集由现场输入装置送来的状态或数据，并存入规定的寄存器中，同时，诊断电源和 PLC 内部电路的工作状态，以及诊断编程过程中的语法错误等。进入运行后，从用户程序存储器中逐条读取指令，经分析后再按指令规定的任务产生相应的控制信号，去指挥有关的控制电路，

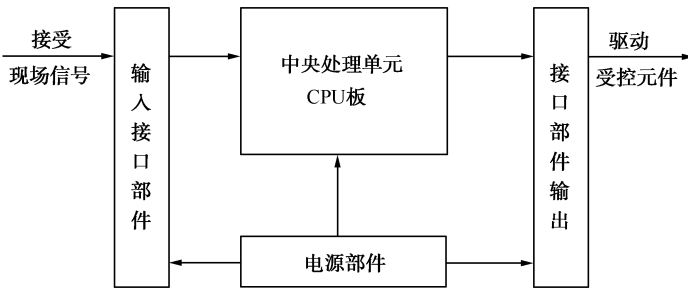


图 1-1 PLC 的基本结构

PLC 与通用计算机一样，主要由运算器、控制器、寄存器，以及实现它们之间联系的数据、控制及状态总线构成，还有外围芯片、总线接口及有关电路。CPU 确定了进行控制的规模、工作速度、内存容量等。内存主要用于存储程序及数据，是 PLC 不可缺少的组成单元。

CPU 的控制器控制 CPU 工作，由它读取指令、解释指令，以及执行指令。但工作节奏由振荡信号控制。

CPU 的运算器用于进行数字或逻辑运算，在控制器指挥下工作。

CPU 的寄存器参与运算，并存储运算的中间结果，它也是在控制器指挥下工作。

CPU 虽然划分为以上几个部分，但 PLC 中的 CPU 芯片实际上就是微处理器，由于电路的高度集成，对 CPU 内部的详细分析已无必要，我们只要弄清它在 PLC 中的功能与性能，能正确使用它就够了。

CPU 模块的外部表现就是它的工作状态的各种显示、各种接口，以及设定或控制开关。一般来讲，CPU 模块总要有相应的状态指示灯，如电源显示、运行显示、故障显示等。箱体式 PLC 的主箱体也有这些显示。它的总线接口用于接 I/O 模板或底板；内存接口用于安装内存；外设口用于接外部设备。有的还有通信口，用于进行通信。CPU 模块上还有许多设定开关，用以对 PLC 作设定，如设定起始工作方式、内存区等。

2. I/O 模块

PLC 的对外功能主要是通过各种 I/O 接口模块来实现的。按 I/O 点数确定模块规格及数量，I/O 模块可多可少，但其最大数受 CPU 所能管理的基本配置能力，即受最大的底板或机架槽数限制。I/O 模块集成了 PLC 的 I/O 电路，其输入暂存器反映输入信号状态，输出点反映输出锁存器状态。

3. 电源模块

有些 PLC 中的电源与 CPU 模块合二为一，有些是分开的，其主要用途是为 PLC 各模块的集成电路提供工作电源。同时，有的还为输入电路提供 24V 的工作电源。电源以其输入类型有：交流 220V、交流 110V、直流 24V。

4. 底板或机架

大多数模块式 PLC 使用底板或机架，其作用是：电气上，实现各模块间的联系，使 CPU 能访问底板上的所有模块；机械上，实现各模块间的连接，使各模块构成一个整体。



5. PLC 的外部设备

外部设备是 PLC 系统不可分割的一部分，它有四大类：

(1) 编程设备。包括简易编程器和智能图形编程器，用于编程，对系统作一些设定，监控 PLC 及 PLC 所控制的系统的工作状况。编程器是 PLC 开发应用、监测运行、检查维护不可缺少的器件，但它不直接参与现场控制运行。

(2) 监控设备。包括数据监视器和图形监视器。直接监视数据或通过界面监视数据。

(3) 存储设备。包括存储卡、存储磁带、软磁盘或只读存储器，用于永久性地存储用户数据，使用户程序不丢失，如 EPROM、EEPROM 写入器等。

(4) 输入/输出设备。用于接收信号或输出信号，一般有条码读入器、输入模拟量的电位器、打印机等。

6. PLC 的通信联网

PLC 具有通信联网的功能，它使 PLC 与 PLC 之间、PLC 与上位计算机以及其他智能设备之间能够交换信息，形成一个统一的整体，实现分散集中控制。现在几乎所有的 PLC 新产品都有通信联网功能，它和计算机一样具有 RS-232 接口，通过双绞线、同轴电缆或光缆，可以在几公里甚至几十公里的范围内交换信息。

当然，PLC 之间的通信网络是各厂家专用的，PLC 与计算机之间的通信，一些生产厂家采用工业标准总线，并向标准通信协议靠拢，这将使不同机型的 PLC 之间、PLC 与计算机之间可以更方便地进行通信与联网。

1.3 PLC 的工作原理

最初研制生产的 PLC 主要用于代替传统的由继电器、接触器构成的控制装置，但这两者的运行方式是不相同的。继电器控制装置采用硬逻辑并行运行的方式，即如果这个继电器的线圈通电或断电，该继电器所有的触点（包括其常开或常闭触点）在继电器控制线路的哪个位置上都会立即同时动作。PLC 的 CPU 则采用顺序逻辑扫描用户程序的运行方式，即如果一个输出线圈或逻辑线圈被接通或断开，该线圈的所有触点（包括其常开或常闭触点）不会立即动作，必须等扫描到该触点时才会动作。为了消除两者之间由于运行方式不同而造成的差异，考虑到继电器控制装置各类触点的动作时间一般在 100ms 以上，而 PLC 扫描用户程序的时间一般均小于 100ms，因此，PLC 采用了一种不同于一般微型计算机的运行方式——扫描技术。这样在对于 I/O 响应要求不高的场合，PLC 与继电器控制装置的处理结果就没有什么区别了。

当 PLC 投入运行后，其工作过程一般分为输入采样、用户程序执行和输出刷新三个阶段。完成上述三个阶段称做一个扫描周期。在整个运行期间，PLC 的 CPU 以一定的扫描速度重复执行上述三个阶段。如图 1-2 所示。

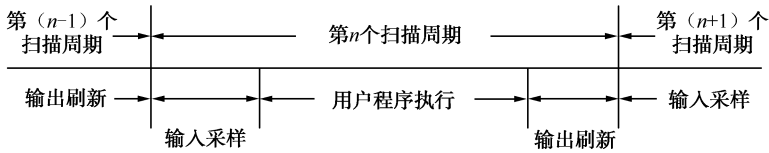


图 1-2 PLC 工作过程

(1) 输入采样阶段。在输入采样阶段，PLC 以扫描方式依次读入所有输入状态和数据，并将它们存入 I/O 映象区中的相应单元内。输入采样结束后转入用户程序执行和输出刷新阶段。在这两个阶段中，即使输入状态和数据发生变化，I/O 映象区中相应单元的状态和数据也不会改变。因此，如果输入是脉冲信号，则该脉冲信号的宽度必须大于一个扫描周期，才能保证在任何情况下，该输入均能被读入。

(2) 用户程序执行阶段。在用户程序执行阶段，PLC 总是按由上而下的顺序依次扫描用户程序（梯形图）。在扫描每一条梯形图时，又总是先扫描梯形图左边的由各触点构成的控制线路，并按先左后右、先上后下的顺序对由触点构成的控制线路进行逻辑运算，然后根据逻辑运算的结果，刷新该逻辑线圈在系统 RAM 存储区中对应位的状态；或者刷新该输出线圈在 I/O 映象区中对应位的状态；或者确定是否要执行该梯形图所规定的特殊功能指令。即在用户程序执行过程中，只有输入点在 I/O 映象区内的状态和数据不会发生变化，而其他输出点和软设备在 I/O 映象区或系统 RAM 存储区内的状态和数据都有可能发生变化，而且排在上面的梯形图，其程序执行结果会对排在下面的梯形图起作用；相反，排在下面的梯形图，其被刷新的逻辑线圈的状态或数据只能到下一个扫描周期才能对排在其上面的程序起作用。

(3) 输出刷新阶段。当扫描用户程序结束后，PLC 就进入输出刷新阶段。在此期间，CPU 按照 I/O 映象区内对应的状态和数据刷新所有的输出锁存电路，再经输出电路驱动相应的外设。这时，才是 PLC 的真正输出。

一般来说，PLC 的扫描周期包括自诊断、通信等，即一个扫描周期等于自诊断、通信、输入采样、用户程序执行、输出刷新等所有时间的总和。因此，PLC 在一个扫描周期内，对输入状态的采样只在输入采样阶段进行。当 PLC 进入程序执行阶段后输入端将被封锁，直到下一个扫描周期的输入采样阶段才对输入状态进行重新采样。这种方式称为集中采样，即在一个扫描周期内，集中一段时间对输入状态进行采样。

在用户程序中如果对输出结果多次赋值，则最后一次有效。在一个扫描周期内，只在输出刷新阶段才将输出状态从输出映象寄存器中输出，对输出接口进行刷新。在其他阶段，输出状态一直保存在输出映象寄存器中。这种方式称为集中输出。

对于小型 PLC，其 I/O 点数较少，用户程序较短，一般采用集中采样、集中输出的工作方式，虽然在一定程度上降低了系统的响应速度，但使 PLC 工作时大多数时间与外部输入/输出设备隔离，从根本上提高了系统的抗干扰能力，增强了系统的可靠性；而对于大中型 PLC，其 I/O 点数较多，控制功能强，用户程序较长，为提高系统响应速度，可以采用定期采样、定期输出，或中断输入/输出方式，以及采用智能 I/O 接口等多种方式。



1.4 编程语言和编程软件

程序是整个自动控制系统的“心脏”，程序编制的好坏直接影响到整个自动控制系统的运作。编程器及编程软件有些厂家要求额外购买，并且价格不菲，这一点也需考虑在内。

1. 编程方法

一种是使用厂家提供的专用编程器，也分各种规格型号。大型编程器功能完备，适合各型号 PLC，价格高；小型编程器结构小巧，便于携带，价格低，但功能简单，适应性差。另一种是使用依托个人计算机应用平台的编程软件，现已被大多数生产厂家采用。各生产厂家由于各自的产品不同，往往只研制出适合于自己产品的编程软件，而编程软件的风格、界面、应用平台、灵活性、适应性、易于编程等都只有在用户亲自操作之后才能给予评价。

2. 编程语言

最常用的两种编程语言，一是梯形图，二是助记符语言表。梯形图编程直观易懂，但需要一台个人计算机及相应的编程软件；助记符语言表只需要一台简易编程器，不必用昂贵的图形编程器或计算机来编程。

虽然一些高档的 PLC 还具有与计算机兼容的 C 语言、BASIC 语言、专用的高级语言（如西门子公司的 GRAPH5、三菱公司的 MELSAP），还有用布尔逻辑语言、通用计算机兼容的汇编语言等。但是，各厂家的编程语言都只能适用于本厂的产品。

编程语言多种多样，看似相同，却不通用。最常用的可以划分为以下五类编程语言：

（1）梯形图。梯形图语言是在传统电器控制系统中常用的接触器、继电器等图形表达符号的基础上演变而来的。它与电器控制线路图相似，继承了传统电器控制逻辑中使用的框架结构、逻辑运算方式和输入输出形式，具有形象、直观、实用的特点。因此，这种编程语言为广大电气技术人员所熟知，是应用最广泛的 PLC 编程语言，是 PLC 的第一编程语言。

（2）顺序功能图。它提供了总的结构，并与状态定位处理或机器控制应用相互协调。

（3）功能块图。它提供了一个有效的开发环境，并且特别适用于过程控制应用。

（4）结构化文本。这是一种类似于用于计算机的编程语言，它适用于对复杂算法及数据的处理。

（5）语句表语言。这种编程语言是一种与汇编语言类似的助记符编程表达方式。在 PLC 应用中，经常采用简易编程器，而这种编程器中没有 CRT 屏幕显示，或没有较大的液晶屏幕显示。因此，就用一系列 PLC 操作命令组成的语句表将梯形图描述出来，再通过简易编程器输入到 PLC 中。虽然各个 PLC 生产厂家的语句表形式不尽相同，但基本功能相差无几。

厂家提供的编程软件中一般包括一种或几种编程语言，如 Concept 编程软件可以使用五种编程语言，依次为梯形图、顺序功能图、功能块图、结构化文本、语句表语言。同一编程软件下的编程语言大多数可以互换，一般选择自己比较熟悉的编程语言。

3. 指令系统

指令是了解与使用 PLC 的重要方面。不懂 PLC 指令无法编程，目前 PLC 的指令越来越多，越来越丰富，综合多种作用的指令日见增多。



PLC 的指令繁多，主要有以下几种类型：

- 1) 基本逻辑指令。用于处理逻辑关系，以实现逻辑控制。
- 2) 数据处理指令。用于处理数据，如译码、编码、传送、移位等。
- 3) 数据运算指令。用于数据的运算，如+、-、×、/等，可进行整数计算，有的还可进行浮点数运算；也可进行逻辑量运算等。
- 4) 流程控制指令。用以控制程序运行流程。PLC 的用户程序一般从零地址的指令开始执行，按顺序推进。但遇到流程控制指令也可作相应改变。流程控制指令较多，较好的运用可使程序简练，便于调试和阅读。
- 5) 状态监控指令。用以监视及记录 PLC 及其控制系统的工作状态，对提高 PLC 控制系统的可靠性大有帮助。

当然，并不是所有的 PLC 都有上述各类指令。以上只是让读者明白要从哪几个方面了解 PLC 指令，从中也可大致看出指令的多少及功能将怎样影响 PLC 的性能。

4. 编程软件

编程器是 PLC 重要的编程设备，它不仅可以用来编写程序，还可以用来输入数据，以及检查和监控 PLC 的运行。一般情况下，编程器只在 PLC 编程和检查时使用，在 PLC 正式运行后就把编程器卸掉。

随着计算机技术的发展，PLC 生产厂家越来越倾向于设计一些满足某些 PLC 编程、监控和设计要求的编程软件，这类编程软件可以在专用的编程器上运行，也可以在普通的个人计算机上运行。这类编程软件利用了计算机屏幕大，输入/输出信息量多的优势，使 PLC 的编程环境更加完美。在很多情况下，装有编程软件的计算机在 PLC 正式运行后还可以挂在系统上，作为 PLC 的监控设备使用。目前，有如下几类编程软件：

- 1) OMRON 公司设计的 CX-P 编程软件可以为 OMRON C 系列 PLC 提供良好的编程环境。
- 2) 松下电工设计的 FPWin_GR 编程软件可以为 FP 系列 PLC 提供良好的编程环境和仿真。
- 3) 西门子公司设计的 STEP 7 Micro/WIN 32 编程软件可以为 S7-200 系列 PLC 提供编程环境。
- 4) 西门子公司设计的 SIMATIC Manager 编程软件可以为 S7-300/400 系列 PLC 提供编程环境。

编程软件在使用前一定要把其装入满足条件的计算机中，同时要用专用的通信电缆把计算机和 PLC 连接好，在确认通信无误的情况下才能运行编程软件。

在编程环境中，可以打开编程窗口、监控程序运行窗口、保存程序窗口和设定系统数据窗口，并进行相应的操作。

5. 仿真软件

随着计算机技术的发展，PLC 的编程环境越来越完善。很多 PLC 生产厂家不仅设计了方便的编程软件，而且设计了相应的仿真软件。只要把仿真软件嵌入到编程软件当中，就可以在没有具体 PLC 的情况下利用仿真软件直接运行和修改 PLC 程序，使 PLC 的学习、设计和调试更方便、快捷。西门子公司设计的 S7_PLCSIM_V5_0_SP1 仿真软件就是专门为



S7-300/400 PLC 设计的仿真软件，S7_200SIM 是专门为 S7-200 PLC 设计的仿真软件，利用这些仿真软件可以直接运行 S7-200 和 S7-300/400 的 PLC 程序。

1.5 PLC 的性能指标与发展趋势

1. PLC 的性能指标

(1) 存储容量

存储容量是指用户程序存储器的容量。用户程序存储器的容量大，可以编制出复杂的程序。一般来说，小型 PLC 的用户存储器容量为几千字，而大型 PLC 的用户存储器容量为几万字。

(2) I/O 点数

输入/输出 (I/O) 点数是 PLC 可以接受的输入信号和输出信号的总和，是衡量 PLC 性能的重要指标。I/O 点数越多，外部可接的输入设备和输出设备就越多，控制规模就越大。

(3) 扫描速度

扫描速度是指 PLC 执行用户程序的速度，是衡量 PLC 性能的重要指标。一般以扫描 1KB 字用户程序所需的时间来衡量扫描速度，通常以 ms/KB 为单位。PLC 用户手册一般给出执行各条指令所用的时间，可以通过比较各种 PLC 执行相同的操作所用的时间来衡量扫描速度的快慢。

(4) 指令的功能与数量

指令功能的强弱、数量的多少也是衡量 PLC 性能的重要指标。编程指令的功能越强、数量越多，PLC 的处理能力和控制能力也越强，用户编程也越简单和方便，越容易完成复杂的控制任务。

(5) 内部元件的种类与数量

在编制 PLC 程序时，需要用到大量的内部元件来存放变量、中间结果、保持元件数据、定时计数、模块设置和各种标志位等信息。这些元件的种类与数量越多，表示 PLC 的存储和处理各种信息的能力越强。

(6) 特殊功能单元

特殊功能单元种类的多少与功能的强弱是衡量 PLC 产品的一个重要指标。近年来各 PLC 厂商非常重视特殊功能单元的开发，特殊功能单元种类日益增多，功能越来越强，使 PLC 的控制功能日益扩大。

(7) 可扩展能力

PLC 的可扩展能力包括 I/O 点数的扩展、存储容量的扩展、联网功能的扩展、各种功能模块的扩展等。在选择 PLC 时，经常需要考虑 PLC 的可扩展能力。



2. PLC 的发展趋势

(1) 向高速度、大容量方向发展

为了提高 PLC 的处理能力,要求 PLC 具有更快的响应速度和更大的存储容量。目前,有的 PLC 的扫描速度可达 0.1ms/KB 左右。PLC 的扫描速度已成为很重要的一个性能指标。

在存储容量方面,有的 PLC 最高可达几十兆字节。为了扩大存储容量,有的公司已使用了磁泡存储器或硬盘。

(2) 向超大型、超小型两个方向发展

当前中小型 PLC 比较多,为了适应市场的多种需要,今后 PLC 要向多品种方向发展,特别是向超大型和超小型两个方向发展。现已有 I/O 点数达 14 336 点的超大型 PLC,其使用 32 位微处理器,多 CPU 并行工作和拥有大容量存储器,功能强大。

小型 PLC 由整体结构向小型模块化结构发展,使配置更加灵活,为了市场需要已开发了各种简易、经济的超小型微型 PLC,最小配置的 I/O 点数为 8~16 点,以适应单机及小型自动控制的需要,如三菱公司 α 系列 PLC。

(3) PLC 大力开发智能模块,加强联网通信能力

为满足各种自动化控制系统的要求,近年来不断开发出许多功能模块,如高速计数模块、温度控制模块、远程 I/O 模块、通信和人机接口模块等。这些带 CPU 和存储器的智能 I/O 模块扩展了 PLC 功能,使用灵活方便,扩大了 PLC 应用范围。

加强 PLC 联网通信的能力,是 PLC 技术进步的潮流。PLC 的联网通信有两类:一类是 PLC 之间联网通信,各 PLC 生产厂家都有自己的专有联网手段;另一类是 PLC 与计算机之间的联网通信,一般 PLC 都有专用通信模块与计算机通信。为了加强联网通信能力,PLC 生产厂家之间也在协商制订通用的通信标准,以构成更大的网络系统,PLC 已成为集散控制系统(DCS)不可缺少的重要组成部分。

(4) 增强外部故障的检测与处理能力

根据统计资料表明:在 PLC 控制系统的故障中,CPU 占 5%,I/O 接口占 15%,输入设备占 45%,输出设备占 30%,线路占 5%。前两项共 20%故障属于 PLC 的内部故障,它可通过 PLC 本身的软、硬件实现检测处理;而其余 80%的故障属于 PLC 的外部故障。因此,PLC 生产厂家都致力于研制、发展用于检测外部故障的专用智能模块,进一步提高系统的可靠性。

(5) 编程语言多样化

在 PLC 系统结构不断发展的同时,PLC 的编程语言也越来越丰富,功能也不断提高。除了大多数 PLC 使用的梯形图语言外,为了适应各种控制要求,出现了面向顺序控制的步进编程语言、面向过程控制的流程图语言、与计算机兼容的高级语言(BASIC、C 语言等)等。多种编程语言的并存、互补与发展是 PLC 未来的发展趋势。



1.6 国内外 PLC 产品和分类

1.6.1 PLC 产品

1. 美国 PLC 产品

美国是 PLC 生产大国，有 100 多家 PLC 厂商，著名的有罗克韦尔（AB）公司、通用电气（GE）公司、莫迪康（MODICON）公司、德州仪器（TI）公司、西屋公司等。其中 AB 公司是美国最大的 PLC 制造商，其产品约占美国 PLC 市场的一半。

AB 公司产品规格齐全、种类丰富，其主推的大、中型 PLC 产品是 PLC-5 系列。该系列为模块式结构，CPU 模块为 PLC-5/10、PLC-5/12、PLC-5/15、PLC-5/25 时，属于中型 PLC，I/O 点配置范围为 256~1024 点；当 CPU 模块为 PLC-5/11、PLC-5/20、PLC-5/30、PLC-5/40、PLC-5/60、PLC-5/40L、PLC-5/60L 时，属于大型 PLC，I/O 点最多可配置到 3072 点。该系列中 PLC-5/250 功能最强，最多可配置到 4096 个 I/O 点，具有强大的控制和信息管理功能。大型机 PLC-3 最多可配置到 8096 个 I/O 点。AB 公司的小型 PLC 产品有 SLC500 系列等。

GE 公司的代表产品是：小型机 GE-1、GE-1/J、GE-1/P 等，除 GE-1/J 外，均采用模块结构。GE-1 用于开关量控制系统，最多可配置到 112 个 I/O 点。GE-1/J 是更小型化的产品，其 I/O 点最多可配置到 96 点。GE-1/P 是 GE-1 的增强型产品，增加了部分功能指令（数据操作指令）、功能模块（A/D、D/A 等）、远程 I/O 功能等，其 I/O 点最多可配置到 168 点。中型机 GE-III，它比 GE-1/P 增加了中断、故障诊断等功能，最多可配置到 400 个 I/O 点。大型机 GE-V，它比 GE-III 增加了部分数据处理、表格处理、子程序控制等功能，并具有较强的通信功能，最多可配置到 2048 个 I/O 点。GE-VI/P 最多可配置到 4000 个 I/O 点。

德州仪器（TI）公司的小型 PLC 新产品有 510、520 和 TI100 等，中型 PLC 新产品有 TI300、5TI 等，大型 PLC 产品有 PM550、530、560、565 等系列。除 TI100 和 TI300 无联网功能外，其他 PLC 都可实现通信，构成分布式控制系统。

莫迪康（MODICON）公司有 M84 系列 PLC。其中 M84 是小型机，具有模拟量控制、与上位机通信功能，I/O 点最多为 112 点。M484 是中型机，其运算功能较强，可与上位机通信，也可与多台 PLC 联网，最多可扩展 I/O 点为 512 点。M584 是大型机，其容量大、数据处理和网络能力强，最多可扩展 I/O 点为 8192。M884 是增强型中型机，它具有小型机的结构、大型机的控制功能，主机模块配置两个 RS-232C 接口，可方便地进行组网通信。

2. 欧州 PLC 产品

德国的西门子（SIEMENS）公司、AEG 公司、法国的 TE 公司是欧洲著名的 PLC 制造商。德国西门子的电子产品以性能精良而久负盛名。在中、大型 PLC 产品领域与美国的 AB 公司齐名。

西门子 PLC 主要产品是 S5、S7 系列。在 S5 系列中，S5-90U、S-95U 属于微型整体式 PLC；S5-100U 是小型模块式 PLC，最多可配置到 256 个 I/O 点；S5-115U 是中型 PLC，最多可配置到 1024 个 I/O 点；S5-115UH 是中型机，它是由两台 S5-115U 组成的双机冗余系统；



S5-155U 为大型机,最多可配置到 4096 个 I/O 点,模拟量可达 300 多路;S5-155H 是大型机,它是由两台 S5-155U 组成的双机冗余系统。S7 系列是西门子公司在 S5 系列 PLC 基础上近年推出的新产品,性价比高,其中 S7-200 系列属于微型 PLC、S7-300 系列属于中小型 PLC、S7-400 系列属于中高性能的大型 PLC。

3. 日本 PLC 产品

日本的小型 PLC 最具特色,在小型机领域中颇具盛名,某些用欧美的中型机或大型机才能实现的控制,日本的小型机就可以解决。在开发较复杂的控制系统方面明显优于欧美的小型机,所以格外受用户欢迎。日本有许多 PLC 制造商,如三菱、欧姆龙、松下、富士、日立、东芝等,在世界小型 PLC 市场上,日本产品约占有 70% 的份额。

三菱公司的 PLC 是较早进入中国市场的产品,其小型机 F1/F2 系列是 F 系列的升级产品。F1/F2 系列加强了指令系统,增加了特殊功能单元和通信功能,比 F 系列有更强的控制能力。继 F1/F2 系列之后,20 世纪 80 年代末三菱公司又推出 FX 系列,在容量、速度、特殊功能、网络功能等方面都有了全面加强。FX2 系列是在 20 世纪 90 年代开发的整体式高功能小型机,它配有各种通信适配器和特殊功能单元。FX2N 是近年推出的高功能整体式小型机,它是 FX2 的换代产品,各种功能都有了全面提升。近年来还不断推出满足不同要求的微型 PLC,如 FX0S、FX1S、FX0N、FX1N 及 α 系列等产品。

三菱公司的大中型机有 A 系列、QnA 系列、Q 系列,具有丰富的网络功能,I/O 点数可达 8192 点。其中 Q 系列具有超小的体积、丰富的机型、灵活的安装方式、双 CPU 协同处理、多存储器、远程口令等特点,是三菱公司现有 PLC 中最高性能的 PLC。

欧姆龙(OMRON)公司的 PLC,大、中、小、微型规格齐全。微型机以 SP 系列为代表,其体积小,速度极快。小型机有 P 型、H 型、CPM1A 系列、CPM2A 系列、CPM2C、CQM1 等。P 型机现已被性价比更高的 CPM1A 系列所取代,CPM2A/2C、CQM1 系列内置 RS-232C 接口和实时时钟,并具有软 PID 功能,CQM1H 是 CQM1 的升级产品。中型机有 C200H、C200HS、C200HX、C200HG、C200HE、CS1 系列。C200H 是前些年畅销的高性能中型机,有配置齐全的 I/O 模块和高功能模块,具有较强的通信和网络功能。C200HS 是 C200H 的升级产品,指令系统更丰富、网络功能更强。C200HX/HG/HE 是 C200HS 的升级产品,有 1148 个 I/O 点,其容量是 C200HS 的两倍,速度是 C200HS 的 3.75 倍,有品种齐全的通信模块,是适应信息化的 PLC 产品。CS1 系列具有中型机的规模、大型机的功能,是一种极具推广价值的新机型。大型机有 C1000H、C2000H、CV(CV500/CV1000/CV2000/CVM1)等。C1000H、C2000H 可单机或双机热备运行,安装带电插拔模块,C2000H 可在线更换 I/O 模块;CV 系列中除 CVM1 外,均可采用结构化编程,易读、易调试,并具有更强大的通信功能。

松下公司的 PLC 产品中,FP0 为微型机,FP1 为整体式小型机,FP3 为中型机,FP5/FP10、FP10S(FP10 的改进型)、FP20 为大型机,其中 FP20 是最新产品。松下公司产品的主要特点是:指令系统功能强;有的机型还提供可以用 FP-BASIC 语言编程的 CPU 及多种智能模块,为复杂系统的开发提供了软件手段;FP 系列各种 PLC 都配置通信机制,由于它们使用的应用层通信协议具有一致性,给构成多级 PLC 网络和开发 PLC 网络应用程序带来方便。



4. 我国 PLC 产品

我国有许多厂家、科研院所从事 PLC 的研制与开发,如中国科学院自动化研究所的 PLC-0088,北京联想计算机集团公司的 GK-40,上海机床电器厂的 CKY-40,上海起重电器厂的 CF-40MR/ER,苏州电子计算机厂的 YZ-PC-001A,原机电部北京机械工业自动化研究所的 MPC-001/20、KB-20/40,杭州机床电器厂的 DKK02,天津中环自动化仪表公司的 DJK-S-84/86/480,上海自立电子设备厂的 KKI 系列,上海香岛机电制造有限公司的 ACMY-S80、ACMY-S256,无锡华光电子工业有限公司(合资)的 SR-10、SR-20/21 等。

从 1982 年以来,先后有天津、厦门、大连、上海等地相关企业与国外著名 PLC 制造厂商进行合资或引进技术、生产线等,这将促进我国的 PLC 技术快速发展。

1.6.2 PLC 的分类

PLC 是根据现代化大生产的需要而产生的,PLC 的分类也必然要符合现代化生产的需求。可以从下面三个角度粗略地对 PLC 进行分类。

1. 按 PLC 的控制规模分类

PLC 按控制规模可以分为小型机、中型机和大型机三类。

(1) 小型机

小型机的控制点数一般在 256 点以内,如日本 OMRON 公司生产的 CQM1、三菱公司生产的 FX2N 和德国西门子公司生产的 S7-200。这类 PLC 由于控制点数不多,控制功能有一定局限性。但价格低廉,并且小巧、灵活,可以直接安装在电气控制柜内,很适合用于单机控制或小型系统的控制。

(2) 中型机

中型机的控制点数一般在 500~2048 点之间,如日本 OMRON 公司生产的 C200H、日本富士公司生产的 HDC-100 和德国西门子公司生产的 S7-300。这类 PLC 控制点数较多,控制功能较强,有些 PLC 还有较强的计算能力,不仅可用于对设备进行直接控制,也可以对多个下一级的 PLC 进行监控,适用于中型或大型控制系统的控制。

(3) 大型机

大型机的控制点数一般大于 2048 点,如日本 OMRON 公司生产的 C2000H、日本富士公司生产的 F200 和德国西门子公司生产的 S7-400。这类 PLC 控制点数多,控制功能很强,有很强的计算能力。同时,这类 PLC 运行速度很高,不仅能完成较复杂的算术运算,还能进行复杂的矩阵运算,它不仅可用于对设备进行直接控制,可以对多个下一级的 PLC 进行监控,还可以完成现代化工厂的全面管理和控制任务。

2. 按 PLC 的结构分类

PLC 按结构可以分为整体式和模块式两大类。



(1) 整体式

整体式结构的 PLC 把电源、CPU、存储器和 I/O 系统都集成在一个单元内，该单元叫做基本单元。一个基本单元就是一台完整的 PLC。控制点数不满足需要时，可再接扩展单元，扩展单元不带 CPU，在安装时不用基板，仅用电缆进行单元间的连接，由基本单元和若干扩展单元组成较大的系统。整体式结构的特点是紧凑、体积小、成本低、安装方便，其缺点是各个单元输入与输出点数有确定的比例，使 PLC 的配置缺少灵活性，有些 I/O 资源不能充分利用。早期的小型机多为整体式结构。

(2) 模块式

PLC 的模块式结构通常也叫做组合式结构。模块式结构的 PLC 是把 PLC 系统的各个组成部分按功能分成若干个模块，如 CPU 模块、输入模块、输出模块和电源模块等，其中各模块功能比较单一，模块的种类却日趋丰富。例如，一些 PLC 除了一些基本的 I/O 模块外，还有一些特殊功能模块，如温度检测模块、位置检测模块、PID 控制模块和通信模块等。模块式结构的 PLC 采用搭积木的方式，在一块基板插槽上插上所需模块组成控制系统（又叫做组合式结构）。有的 PLC 没有基板而是采用电缆把模块连接起来组成控制系统（又叫做叠装式结构）。模块式结构的 PLC 特点是 CPU、输入和输出均为独立的模块。模块尺寸统一、安装整齐、I/O 点选型自由，并且安装调试、扩展和维修方便。中型机和大型机多为模块式结构。

3. 按 PLC 的功能分类

PLC 按功能可以分为低档机、中档机和高档机三类。

(1) 低档机

低档机具有基本的控制功能和一般的运算能力。工作速度比较低，能带的输入/输出模块的数量比较少，种类也比较少。这类可编程控制器只适合于小规模简单控制，在联网中一般适合做从站使用。如日本 OMRON 公司生产的 C60P 就属于低档机。

(2) 中档机

中档机具有较强的控制功能和较强的运算能力，它不仅能完成一般的逻辑运算，也能完成比较复杂的三角函数、指数运算和 PID 运算。工作速度比较快，能带的输入/输出模块的数量和种类也比较多。这类可编程控制器不仅能完成小型系统的控制，也可以完成较大规模的控制任务。在联网中可以做从站，也可以做主站。如德国西门子公司生产的 S7-300 就属于中档机。

(3) 高档机

高档机具有强大的控制功能和运算能力，它不仅能完成逻辑运算、三角函数运算、指数运算和 PID 运算，还能进行复杂的矩阵运算。工作速度很快，能配带的输入/输出模块的数量很多，种类也很全面。这类可编程控制器不仅能完成中等规模的控制工程，也可以完成规模很大的控制任务。在联网中一般做主站使用。如德国西门子公司生产的 S7-400 就属于高档机。

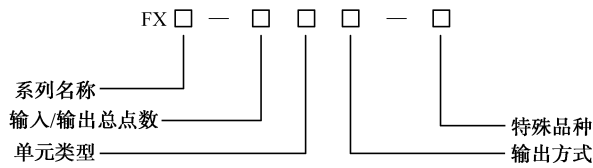
第 2 章 三菱可编程控制器及指令系统

2.1 FX 系列 PLC 硬件配置及性能指标

FX 系列 PLC 是日本三菱公司近年来推出的高性能小型可编程控制器，以逐步替代三菱公司原 F、F1、F2 系列 PLC 产品。FX2 是三菱公司于 1991 年推出的，FX0 是在 FX2 之后推出的超小型 PLC，近几年来又连续推出了将众多功能凝集在超小型机壳内的 FX0S、FX1S、FX0N、FX1N、FX2N、FX2NC 等系列 PLC，具有较高的性价比，应用广泛。它们采用整体式和模块式相结合的叠装式结构。

2.1.1 FX 系列 PLC 型号的说明

FX 系列 PLC 型号的含义如下：



系列名称：0、2、0S、1S、0N、1N、2N、2NC 等

单元类型：M——基本单元

E——输入/输出混合扩展单元

EX——扩展输入模块

EY——扩展输出模块

输出方式：R——继电器输出

S——晶闸管输出

T——晶体管输出

特殊品种：D——DC 电源，DC 输出

A1——AC 电源，AC（AC100~120V）输入或 AC 输出模块

H——大电流输出扩展模块

V——立式端子排的扩展模块

C——接插口输入/输出方式

F——输入滤波时间常数为 1ms 的扩展模块

如果特殊品种一项无符号，为 AC 电源、DC 输入、横式端子排、标准输出。

例如：FX2N-32MT-D 表示 FX2N 系列，32 个 I/O 点基本单元，晶体管输出，使用直流电源，24V 直流输出型。



2.1.2 FX 系列 PLC 硬件配置

FX 系列 PLC 的硬件包括基本单元、扩展单元、扩展模块、模拟量输入/输出模块、各种特殊功能模块及外部设备等。

1. FX2N 系列的基本单元

FX2N 系列是 FX 家族中最先进的 PLC 系列。

FX2N 基本单元有 16/32/48/64/80/128 点，6 个基本 FX2N 单元中的每一个单元都可以通过 I/O 扩展单元扩充为 256 个 I/O 点，其基本单元见表 2-1。

表 2-1 FX2N 系列的基本单元

型 号			输 入 点 数	输 出 点 数	扩展模块可用点数
继电器输出	晶闸管输出	晶体管输出			
FX2N-16MR-001	FX2N-16MS	FX2N-16MT	8	8	24~32
FX2N-32MR-001	FX2N-32MS	FX2N-32MT	16	16	24~32
FX2N-48MR-001	FX2N-48MS	FX2N-48MT	24	24	48~64
FX2N-64MR-001	FX2N-64MS	FX2N-64MT	32	32	48~64
FX2N-80MR-001	FX2N-80MS	FX2N-80MT	40	40	48~64
FX2N-128MR-001		FX2N-128MT	64	64	48~64

FX2N 具有丰富的元件资源，有 3072 点辅助继电器。提供了多种特殊功能模块，可实现过程控制、位置控制。有多种 RS-232C/RS-422/RS-485 串行通信模块或功能扩展板支持网络通信。FX2N 具有较强的数学指令集，使用 32 位处理浮点数，具有方根和三角几何指令，满足数学功能要求很高的数据处理。

2. FX2N 的 I/O 扩展

FX2N 系列的扩展单元见表 2-2。FX2N 系列的扩展模块见表 2-3。

表 2-2 FX2N 系列的扩展单元

型 号	总 I/O 数目	输 入			输 出	
		数 目	电 压	类 型	数 目	类 型
FX2N-32ER	32	16	24V 直流	漏型	16	继电器
FX2N-32ET	32	16	24V 直流	漏型	16	晶体管
FX2N-48ER	48	24	24V 直流	漏型	24	继电器
FX2N-48ET	48	24	24V 直流	漏型	24	晶体管
FX2N-48ER-D	48	24	24V 直流	漏型	24	继电器（直流）
FX2N-48ET-D	48	24	24V 直流	漏型	24	晶体管（直流）



表 2-3 FX2N 系列的扩展模块

型 号	总 I/O 数目	输 入			输 出	
		数 目	电 压	类 型	数 目	类 型
FX2N-16EX	16	16	24V 直流	漏型		
FX2N-16EYT	16				16	晶体管
FX2N-16EYR	16				16	继电器

此外，FX 系列还可将一块功能扩展板安装在基本单元内，无需外部的安装空间。

例如：FX1N-4EX-BD 就是可用来扩展 4 个输入点的扩展板。

3. 模拟量输入/输出模块

(1) 模拟量输入模块 FX2N-2AD 该模块为 2 路电压输入（0~10V DC，0~5V DC）或电流输入（4~20mA DC），12 位高精度分辨率，转换的速度为 2.5ms/通道。该模块占用 8 个 I/O 点，适用于 FX1N、FX2N、FX2NC 系列。

(2) 模拟量输入模块 FX2N-4AD 该模块有 4 个输入通道，其分辨率为 12 位。可选择电流或电压输入，选择通过用户接线来实现。可选模拟值范围为±10V DC（分辨率为 5mV）或 4~20mA、-20~20mA（分辨率为 20μA）。转换的速度最高为 6ms/通道。FX2N-4AD 占用 8 个 I/O 点。

(3) 模拟量输出模块 FX2N-2DA 该模块用于将 12 位的数字量转换成 2 点模拟输出。输出的形式可为电压或电流。其选择取决于接线方式。电压输出时，两个模拟输出通道输出信号为 0~10V DC，0~5V DC；电流输出时为 4~20mA DC。分辨率为 2.5mV（0~10V DC）和 4μA（4~20mA）。数字到模拟的转换特性可进行调整。转换速度为 4ms/通道。本模块需占用 8 个 I/O 点。适用于 FX1N、FX2N、FX2NC 系列。

(4) 模拟量输出模块 FX2N-4DA 该模块有 4 个输出通道。提供了 12 位高精度分辨率的数字输入。转换速度为每 4 通道 2.1ms，使用的通道数变化不会改变转换速度。其他的性能与 FX2N-2DA 相似。

(5) 模拟量输入模块 FX2N-4AD-PT 该模块与 PT100 型温度传感器匹配，将来自 4 个温度传感器（PT100，3 线，100Ω）的输入信号放大，并将数据转换成 12 位可读数据，存储在主机单元中。摄氏度和华氏度数据都可读取。它内部有温度变送器和模拟量输入电路，可以矫正传感器的非线性。分辨率为 0.2~0.3℃。转换速度为 15ms/通道。所有的数据传送和参数设置都可以通过 FX2N-4AD-PT 的软件组态完成，由 FX2N 的 TO/FROM 应用指令来实现。FX2N-4AD-PT 占用 8 个 I/O 点，可用于 FX1N、FX2N、FX2NC 系统，为温控系统提供了方便。

(6) 模拟量输入模块 FX2N-4AD-TC 该模块与热电偶型温度传感器匹配，将来自 4 个热电偶传感器的输入信号放大，并将数据转换成 12 位的可读数据，存储在主单元中，摄氏度和华氏数据均可读取，读分辨率在类型为 K 时为 0.2℃；类型为 J 时为 0.3℃，可与 K 型（-100~1200℃）和 J 型（-100~600℃）热电偶配套使用，4 个通道分别使用 K 型或 J 型，转换速度为 240ms/通道。所有的数据传输和参数设置都可以通过 FX2N-4AD-TC 的软件组态完成，占用 8 个 I/O 点。



4. 定位控制模块

在机械工作运行过程中,工作的速度与精度往往存在矛盾,为提高机械效率而提高速度时,停车控制上便出现了问题。所以进行定位控制是十分必要的。举一个简单的例子,电动机带动的机械由启动位置返回原位,如以最快的速度返回,由于高速停车惯性大,则在返回原位时偏差必然较大,先减速便可保证定位的准确性。

在位置控制系统中常会采用伺服电动机和步进电动机作为驱动装置。既可采用开环控制,也可采用闭环控制。对于步进电动机,我们可以采用调节发送脉冲的速度改变机械的工作速度。使用 FX 系列 PLC,通过脉冲输出形式的定位单元或模块,即可实现一点或多点的定位。下面介绍 FX2N 系列的脉冲输出模块和定位控制模块。

(1) 脉冲输出模块 FX2N-1PG FX2N-1PG 脉冲发生器单元可以完成一个对独立轴的定位,这是通过向伺服或步进电动机的驱动放大器提供指定数量的脉冲来实现的。FX2N-1PG 只用于 FX2N 系列,用 FROM/TO 指令设定各种参数,读出定位值和运行速度。该模块占用 8 个 I/O 点。输出最高为 100kHz 的脉冲串。

(2) 定位控制器 FX2N-10GM FX2N-10GM 为脉冲序列输出单元,它是单轴定位单元,不仅能处理单速定位和中断定位,而且能处理复杂的控制。如多速操作。FX2N-10GM 最多可有 8 个连接在 FX2N 系列 PLC 上。最大输出脉冲串为 200kHz。

(3) 定位控制器 FX2N-20GM 一个 FX2N-20GM 可控制两个轴。可执行直线插补、圆弧插补或独立的两轴定位控制,最大输出脉冲串为 200kHz (在插补期间,最大为 100kHz)。FX2N-10GM、FX2N-20GM 均具用流程图的编程软件,可使程序的开发具有可视性。

(4) 可编程凸轮开关 FX2N-1RM-E-SET 在机械传动控制中经常要对角位置检测。在不同的角度位置时发出不同的导通、关断信号。过去采用机械凸轮开关。机械式开关虽精度高但易磨损。FX2N-1RM-E-SET 可编程凸轮开关可用来取代机械凸轮开关实现高精度角度位置检测。配套的转角传感器电缆长度最长可达 100m。应用时与其他可编程凸轮开关主体、无刷分解器等一起可进行高精度的动作角度设定和监控,其内部有 EEPROM,无需电池。可储存 8 种不同的程序。FX2N-1RM-E-SET 可接在 FX2N 上,也可单独使用。FX2N 最多可接 3 块。它在程序中占用 PLC 8 个 I/O 点。

5. 数据通信模块

PLC 的通信模块用来完成与别的 PLC、其他智能控制设备或计算机之间的通信。以下简称介绍 FX 系列通信功能扩展板、适配器及通信模块。

(1) 通信扩展板 FX2N-232-BD FX2N-232-BD 是以 RS-232C 传输标准连接 PLC 与其他设备的接口板。诸如个人计算机、条码阅读器或打印机等。可安装在 FX2N 内部。其最大传输距离为 15m,最高波特率为 19 200b/s,利用专用软件可实现对 PLC 运行状态监控,也可由个人计算机向 PLC 传送程序。

(2) 通信接口模块 FX2N-232IF FX2N-232IF 连接到 FX2N 系列 PLC 上,可实现与其他配有 RS-232C 接口的设备进行全双工串行通信。例如,个人计算机、打印机、条形码读出器等。在 FX2N 系列上最多可连接 8 块 FX2N-232IF 模块。用 FROM/TO 指令收发数据。最大传输距离为 15m,最高波特率为 19 200b/s,占用 8 个 I/O 点。数据长度、串行通信波特率等都可由特殊数据寄存器设置。



(3) 通信扩展板 FX2N-485-BD FX2N-485-BD 用于 RS-485 通信方式。它可以应用于无协议的数据传送。FX2N-485-BD 在原协议通信方式时，利用 RS 指令在个人计算机、条码阅读器、打印机之间进行数据传送。传送的最大传输距离为 50m，最高波特率也为 19 200b/s。每一台 FX2N 系列 PLC 可安装一块 FX2N-485-BD 通信板。除利用此通信板实现与计算机的通信外，还可以用它实现两台 FX2N 系列 PLC 之间的并联。

(4) 通信扩展板 FX2N-422-BD FX2N-422-BD 用于 RS-422 通信。可连接在 FX2N 系列的 PLC 上，并作为编程或控制工具的一个端口。可用此接口在 PLC 上连接 PLC 的外部设备、数据存储单元和人机界面。利用 FX2N-422-BD 可连接两个数据存储单元（DU）或一个 DU 系列单元和一个编程工具，但一次只能连接一个编程工具。每一个基本单元只能连接一个 FX2N-422-BD，且不能与 FX2N-485-BD 或 FX2N-232-BD 一起使用。

(5) 接口模块 MSLSECTNET/MINI

采用 MSLSECTNET/MINI 接口模块，FX 系列 PLC 可用做 A 系列 PLC 的就地控制站，构成集散控制系统。

以上仅对 FX 系列通信模块做了简单介绍，具体应用在以后的章节中再做详述。

6. 高速计数模块

PLC 中普通的计数器由于受到扫描周期的限制，其最高的工作频率不高，一般仅有几十千赫兹，而在工业应用中有时超过这个工作频率。高速计数模块就是为了满足这一要求，它可对几十 kHz 以上，甚至 MHz 的脉冲计数。FX2N 内部设有高速计数器，系统还配有 FX2N-1HC 高速计数器模块，可作为双相 50kHz 一通道的高速计数，通过 PLC 的指令或外部输入可进行计数器的复位或启动，其技术指标见表 2-4。

表 2-4 FX2N-1HC 高速计数器模块技术指标

项 目	描 述
信号等级	5V、12V 和 24V 依赖于连接端子。线驱动器输出型连接到 5V 端子上
频率	单相单输入：不超过 50kHz 单相双输入：每个不超过 50kHz 双相双输入：不超过 50kHz（1 倍数）；不超过 25kHz（2 倍数） 不超过 12.5kHz（4 倍数）
计数器范围	32 位二进制计数器：-2 147 483 648~+2 147 483 647 16 位二进制计数器：0~65 535
计数方式	自动时向上/向下（单相双输入或双相双输入）；当工作在单相单输入方式时，向上/向下由一个 PLC 或外部输入端子确定
比较类型	YH：直接输出，通过硬件比较器处理 YS：软件比较器处理后输出，最大延迟时间 300ms
输出类型	NPN 开路输出两点 5~24V 直流，每点 0.5A
辅助功能	可以通过 PLC 的参数来设置模式和比较结果 可以监测当前值、比较结果和误差状态
占用的 I/O 点数	这个块占用 8 个输入或输出点（输入或输出均可）
基本单元提供的电源	5V、90mA 直流（主单元提供的内部电源或电源扩展单元）
适用的控制器	FX1N/FX2N/FX2NC（需要 FX2NC-CNV-IF）
尺寸（宽）×（厚）×（高）	55mm×87mm×90mm
质量（重量）	0.3kg



2.1.3 FX 系列 PLC 的性能指标

在使用 FX 系列 PLC 之前，需对其主要性能指标进行认真查阅，只有选择了符合要求的产品才能达到既可靠又经济的要求。

1. FX 系列 PLC 性能比较

以上我们已对 FX 系列 PLC 的基本单元、扩充单元及特殊功能模块等做了介绍，尽管 FX 系列中 FX0S、FX1S、FX1N、FX2N 等在外形尺寸上相差不多，但在性能上有较大差别，其中 FX2N 和 FX2NC 系列，在 FX 系列 PLC 中功能最强、性能最好。FX 系列 PLC 主要产品的性能比较见表 2-5。

表 2-5 FX 系列 PLC 主要产品的性能比较

型 号	I/O 点数	基本指令执行时间	功 能 指 令	模拟模块量	通 信
FX0S	10~30	1.6~3.6μs	50	无	无
FX0N	24~128	1.6~3.6μs	55	有	较强
FX1N	14~128	0.55~0.7μs	177	有	较强
FX2N	16~256	0.08μs	298	有	强

2. FX 系列 PLC 的输入技术指标

FX 系列 PLC 对输入信号的技术要求见表 2-6。

表 2-6 FX 系列 PLC 的输入技术指标

项目	输入端	X4~X17 (FX0S) X0~X7 (FX0N、 FX1S、FX1N、FX2N)		X10~X17 (FX0N、FX1S、FX1N、 FX2N)	X0~X3 (FX0S)	X4~X17 (FX0S)
		X0~X3 (FX0S)				
输入电压	DC24V±10%				DC12V±10%	
输入电流	8.5mA	7mA	5mA	9mA	10mA	
输入阻抗	2.7kΩ	3.3kΩ	4.3kΩ	1kΩ	1.2kΩ	
输入 ON 电流	4.5mA 以上	4.5mA 以上	3.5mA 以上	4.5mA 以上	4.5mA 以上	
输入 OFF 电流	1.5mA 以下	1.5mA 以下	1.5mA 以下	1.5mA 以下	1.5mA 以下	
输入响应时间	约 10ms，其中：FX0S、FX1N 的 X0~X17 和 FX0N 的 X0~X7 为 0~15ms 可变，FX2N 的 X0~X17 为 0~60ms 可变					
输入信号形式	无电压触点，或 NPN 集电极开路晶体管					
电路隔离	光电耦合器隔离					
输入状态显示	输入 ON 时 LED 灯亮					

3. FX 系列 PLC 的输出技术指标

FX 系列 PLC 对输出信号的技术要求见表 2-7。



表 2-7 FX 系列 PLC 的输出技术指标

项 目	继电器输出	晶闸管输出	晶体管输出
外部电源	AC250V 或 DC30V 以下	AC85~240V	DC5~30V
最大电阻负载	2A/1 点、8A/4 点、8A/8 点	0.3A/点、0.8A/4 点 (1A/1 点、2A/4 点)	0.5A/1 点、0.8A/4 点 (0.1A/1 点、0.4A/4 点) (1A/1 点、2A/4 点) (0.3A/1 点、1.6A/16 点)
最大感性负载	80VA	15VA/AC100V、 30VA/AC200V	12W/DC24V
最大灯负载	100W	30W	1.5W/DC24V
开路漏电流	—	1mA/AC100V 2mA/AC200V	0.1mA 以下
响应时间	约 10ms	ON: 1ms; OFF: 10ms	ON: <0.2ms; OFF: <0.2ms 大电流 OFF 为 0.4ms 以下
电路隔离	继电器隔离	光电晶闸管隔离	光电耦合器隔离
输出动作显示	输出 ON 时 LED 亮		

2.2 FX 系列 PLC 的编程元件

不同厂家、不同系列的 PLC，其内部软继电器（编程元件）的功能和编号也不相同，因此用户在编程时，必须熟悉所选用 PLC 的每条指令涉及编程元件的功能和编号。

FX 系列中几种常用型号 PLC 的编程元件及编号见表 2-8。FX 系列 PLC 编程元件的编号由字母和数字组成，其中输入继电器和输出继电器用八进制数字编号，其他均采用十进制数字编号。为了能全面了解 FX 系列 PLC 的内部软继电器，本节以 FX2N 为背景进行介绍。

表 2-8 FX 系列 PLC 的内部软继电器及编号

PLC 型号 编程元件种类		FX0S	FX1S	FX0N	FX1N	FX2N (FX2NC)
输入继电器 X (按八进制编号)		X0~X17 (不可扩展)	X0~X17 (不可扩展)	X0~X43 (可扩展)	X0~X43 (可扩展)	X0~X77 (可扩展)
输出继电器 Y (按八进制编号)		Y0~Y15 (不可扩展)	Y0~Y15 (不可扩展)	Y0~Y27 (可扩展)	Y0~Y27 (可扩展)	Y0~Y77 (可扩展)
辅助继电器 M	普通用	M0~M495	M0~M383	M0~M383	M0~M383	M0~M499
	保持用	M496~M511	M384~M511	M384~M511	M384~M1535	M500~M3071
	特殊用	M8000~M8255 (具体见使用手册)				
状态寄存器 S	初始状态用	S0~S9	S0~S9	S0~S9	S0~S9	S0~S9
	返回原点用	—	—	—	—	S10~S19
	普通用	S10~S63	S10~S127	S10~S127	S10~S999	S20~S499
	保持用	-	S0~S127	S0~S127	S0~S999	S500~S899
	信号报警用	—	—	—	—	S900~S999



每个输出继电器在输出单元中都对应有一个常开触点，但在程序中供编程的输出继电器，都可以无限次使用。

FX 系列 PLC 的输出继电器也是八进制编号，其中 FX2N 编号范围为 Y000~Y267(184 点)。与输入继电器一样，基本单元的输出继电器编号是固定的，扩展单元和扩展模块的编号也是按与基本单元最靠近开始，顺序进行编号的。

在实际使用中，输入/输出继电器的数量，要看具体系统的配置情况。

3. 辅助继电器 (M)

辅助继电器是 PLC 中数量最多的一种继电器，一般的辅助继电器与继电器控制系统中的中间继电器相似。

辅助继电器不能直接驱动外部负载，负载只能由输出继电器的外部触点驱动。辅助继电器的常开与常闭触点在 PLC 内部编程时可无限次使用。

辅助继电器采用 M 与十进制数共同组成编号（只有输入/输出继电器才用八进制数）。

(1) 通用辅助继电器 (M0~M499)

FX2N 系列共有 500 个通用辅助继电器。通用辅助继电器在 PLC 运行时，如果电源突然断电，则全部线圈均 OFF。当电源再次接通时，除了因外部输入信号而变为 ON 的以外，其余的仍将保持 OFF 状态，它们没有断电保护功能。通用辅助继电器常在逻辑运算中作辅助运算、状态暂存、移位等。

根据需要可通过程序设定，将 M0~M499 变为断电保持辅助继电器。

(2) 断电保持辅助继电器 (M500~M3071)

FX2N 系列有 M500~M3071 共 2572 个断电保持辅助继电器。它与普通辅助继电器不同的是具有断电保护功能，即能记忆电源中断瞬时的状态，并在重新通电后再现其状态。它之所以能在电源断电时保持其原有的状态，是因为电源中断时用 PLC 中的锂电池保持它们映像寄存器中的内容。其中 M500~M1023 可由软件将其设定为通用辅助继电器。

(3) 特殊辅助继电器

PLC 内有大量的特殊辅助继电器，它们都有各自的特殊功能。FX2N 系列中有 256 个特殊辅助继电器，可分成触点型和线圈型两大类：

1) 触点型 其线圈由 PLC 自动驱动，用户只可使用其触点。例如：

M8000：运行监视器（在 PLC 运行中接通），M8001 与 M8000 相反逻辑。

M8002：初始脉冲（仅在运行开始时瞬间接通），M8003 与 M8002 相反逻辑。

M8011、M8012、M8013 和 M8014 分别是产生 10ms、100ms、1s 和 1min 时钟脉冲的特殊辅助继电器。

2) 线圈型 由用户程序驱动线圈后 PLC 执行特定的动作。例如：

M8033：若使其线圈得电，则 PLC 停止时保持输出映像存储器和数据寄存器内容。

M8034：若使其线圈得电，则将 PLC 的输出全部禁止。

M8039：若使其线圈得电，则 PLC 按 D8039 中指定的扫描时间工作。



4. 状态器 (S)

状态器用来记录系统运行中的状态。它是编制顺序控制程序的重要编程元件，它与步进顺控指令 STL 配合应用。

状态器有五种类型：初始状态器 S0~S9 共 10 点；回零状态器 S10~S19 共 10 点；通用状态器 S20~S499 共 480 点；具有状态断电保持的状态器有 S500~S899 共 400 点；供报警用的状态器（可用做外部故障诊断输出）S900~S999 共 100 点。

在使用状态器时应注意：

- 1) 状态器与辅助继电器一样有无数的常开和常闭触点；
- 2) 状态器不与步进顺控指令 STL 配合使用时，可作为辅助继电器 M 使用；
- 3) FX2N 系列 PLC 可通过程序设定将 S0~S499 设置为有断电保持功能的状态器。

5. 定时器 (T)

PLC 中的定时器 (T) 相当于继电器控制系统中的通电型时间继电器。它可以提供无限对常开常闭延时触点。定时器中有一个设定值寄存器（一个字长），一个当前值寄存器（一个字长）和一个用来存储其输出触点的映象寄存器（一个二进制位），这三个量使用同一地址编号。但使用场合不一样，意义也不同。

FX2N 系列中定时器可分为通用定时器、积算定时器两种。它们是通过在一定周期的时钟脉冲进行累计而实现定时的，时钟脉冲有周期为 1ms、10ms、100ms 三种，当所计数达到设定值时触点动作。设定值可用常数 K 或数据寄存器 D 的内容来设置。

(1) 通用定时器

通用定时器的特点是不具备断电的保持功能，即当输入电路断开或停电时定时器复位。通用定时器有 100ms 和 10ms 通用定时器两种。

1) 100ms 通用定时器 (T0~T199) 共 200 点，其中 T192~T199 为子程序和中断服务程序专用定时器。这类定时器对 100ms 时钟累积计数，设定值为 1~32 767，所以其定时范围为 0.1~3276.7s。

2) 10ms 通用定时器 (T200~T245) 共 46 点。这类定时器对 10ms 时钟累积计数，设定值为 1~32 767，所以其定时范围为 0.01~327.67s。

(2) 积算定时器

积算定时器具有计数累积功能。在定时过程中如果断电或定时器线圈 OFF，积算定时器将保持当前的计数值（当前值），通电或定时器线圈 ON 后继续累积，即其当前值具有保持功能，只有将积算定时器复位，当前值才变为 0。

1) 1ms 积算定时器 (T246~T249) 共 4 点，该类定时器对 1ms 时钟脉冲进行累积计数，定时的时间范围为 0.001~32.767s。

2) 100ms 积算定时器 (T250~T255) 共 6 点，该类定时器对 100ms 时钟脉冲进行累积计数，定时的时间范围为 0.1~3276.7s。

6. 计数器 (C)

FX2N 系列计数器分为内部计数器和高速计数器两类。



(1) 内部计数器

内部计数器是在执行扫描操作时对内部信号(如 X、Y、M、S、T 等)进行计数。内部输入信号的接通和断开时间应比 PLC 的扫描周期稍长。

1) 16 位增计数器(C0~C199)共 200 点,其中 C0~C99 为通用型, C100~C199 共 100 点为断电保持型。这类计数器为递加计数,应用前先对其设置一设定值,当输入信号(上升沿)个数累加到设定值时,计数器动作,其常开触点闭合、常闭触点断开。计数器的设定值为 1~32 767(16 位二进制),设定值除了用常数 K 设定外,还可间接通过指定数据寄存器设定。

2) 32 位增/减计数器(C200~C234)共 35 点,其中 C200~C219(共 20 点)为通用型, C220~C234(共 15 点)为断电保持型。这类计数器与 16 位增计数器除位数不同外,还在于它能通过控制实现加/减双向计数。设定值范围均为-214 783 648~+214 783 647(32 位)。

C200~C234 是增计数还是减计数,分别由特殊辅助继电器 M8200~M8234 设定。对应的特殊辅助继电器被置为 ON 时为减计数,置为 OFF 时为增计数。

计数器的设定值与 16 位计数器一样,可直接用常数 K 或间接用数据寄存器 D 的内容作为设定值。在间接设定时,要用编号紧连在一起的两个数据计数器。

(2) 高速计数器(C235~C255)

高速计数器与内部计数器相比除允许输入频率高之外,应用也更为灵活,高速计数器均有断电保持功能,通过参数设定也可变成非断电保持型。FX2N 有 C235~C255 共 21 点高速计数器。适合用做高速计数器输入的 PLC 输入端口有 X0~X7。X0~X7 不能重复使用,即某一个输入端已被某个高速计数器占用,它就不能再用于其他高速计数器,也不能用做他用。

高速计数器可分为四类:

1) 单相单计数输入高速计数器(C235~C245) 其触点动作与 32 位增/减计数器相同,可进行增或减计数(取决于 M8235~M8245 的状态)。

2) 单相双计数输入高速计数器(C246~C250) 这类高速计数器具有两个输入端,一个为增计数输入端,另一个为减计数输入端。利用 M8246~M8250 的 ON/OFF 动作可监控 C246~C250 的增计数/减计数动作。

3) 双相高速计数器(C251~C255) A 相和 B 相信号决定计数器是增计数还是减计数。当 A 相为 ON 时,若 B 相由 OFF 到 ON,则为增计数;当 A 相为 ON 时,若 B 相由 ON 到 OFF,则为减计数。

注意: 高速计数器的计数频率较高,它们的输入信号的频率受两方面限制。一是全部高速计数器的处理时间。因它们采用中断方式,所以计数器用得越少,则可计数频率就越高。二是输入端的响应速度,其中 X0、X2、X3 最高频率为 10kHz, X1、X4、X5 最高频率为 7kHz。

7. 数据寄存器(D)

PLC 在进行输入/输出处理、模拟量控制、位置控制时,需要许多数据寄存器来存储数据和参数。数据寄存器为 16 位,最高位为符号位。可用两个数据寄存器来存储 32 位数据,最高位仍为符号位。数据寄存器有以下几种类型:

(1) 通用数据寄存器(D0~D199)

通用数据寄存器共 200 点。当 M8033 为 ON 时, D0~D199 有断电保护功能;当 M8033 为



OFF 时，它们无断电保护功能，这种情况下，PLC 由 RUN→STOP 或停电时，数据全部清零。

(2) 断电保持数据寄存器 (D200~D7999)

断电保持数据寄存器共 7800 点，其中 D200~D511 (共 12 点) 有断电保持功能，可以利用外部设备的参数设定改变通用数据寄存器与有断电保持功能数据寄存器的分配；D490~D509 供通信用；D512~D7999 的断电保持功能不能用软件改变，但可用指令清除它们的内容。根据参数设定可以将 D1000 点以上作为文件寄存器。

(3) 特殊数据寄存器 (D8000~D8255)

特殊数据寄存器共 256 点。特殊数据寄存器的作用是用来监控 PLC 运行状态的。如扫描时间、电池电压等。未加定义的特殊数据寄存器，用户不能使用。具体可参见用户手册。

(4) 变址寄存器 (V/Z)

FX2N 系列 PLC 有 V0~V7 和 Z0~Z7 共 16 个变址寄存器，它们都是 16 位寄存器。变址寄存器 V/Z 实际上是一种特殊用途的数据寄存器，其作用相当于微机中的变址寄存器，用于改变元件的编号 (变址)，例如 V0=5，在执行 D20V0 时，被执行的编号为 D25 (D20+5)。变址寄存器可以像其他数据寄存器一样进行读/写，需要进行 32 位操作时，可将 V、Z 串联使用 (Z 为低位，V 为高位)。

8. 指针 (P、I)

在 FX 系列中，指针用来指示分支指令的跳转目标和中断程序的入口标号。分为分支用指针、输入中断用指针、定时器中断用指针，以及计数器中断用指针。

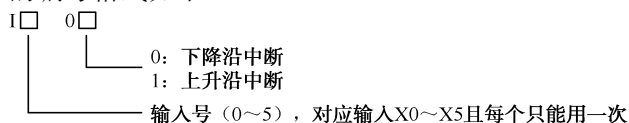
(1) 分支用指针 (P0~P127)

FX2N 有 P0~P127 共 128 点分支用指针。分支用指针用来指示跳转指令 (CJ) 的跳转目标或子程序调用指令 (CALL) 调用子程序的入口地址。

(2) 中断用指针 (I0□□~I8□□)

中断用指针用来指示某一中断程序的入口位置。执行中断后遇到 IRET (中断返回) 指令，则返回主程序。中断用指针有以下三种类型：

1) 输入中断用指针 (I00□□~I50□□) 共 6 点，用来指示由特定输入端的输入信号而产生中断的中断服务程序的入口位置，这类中断不受 PLC 扫描周期的影响，可以及时处理外界信息。输入中断用指针的编号格式如下：



例如：I101 为当输入 X1 从 OFF→ON 变化时，执行以 I101 为标号后面的中断程序，并根据 IRET 指令返回。

2) 定时器中断用指针 (I6□□~I8□□) 共 3 点，用来指示周期定时中断的中断服务程序的入口位置，这类中断的作用是 PLC 以指定的周期定时执行中断服务程序，定时循环处理某些任务。处理的时间也不受 PLC 扫描周期的限制。□□表示定时范围，可在 10~99ms 中选取。

3) 计数器中断用指针 (I010~I060) 共 6 点，它们用在 PLC 内置的高速计数器中。根



据高速计数器计数当前值与计数设定值之间的关系确定是否执行中断服务程序。它常用于利用高速计数器优先处理计数结果的场合。

9. 常数 (K、H)

K 是表示十进制整数的符号，主要用来指定定时器或计数器的设定值及表示应用功能指令操作数中的数值；H 表示十六进制数，主要用来表示应用功能指令的操作数值。例如，20 用十进制表示为 K20，用十六进制则表示为 H14。

2.3 FX 系列 PLC 的基本指令

FX2N 型可编程控制器有基本逻辑指令 27 条，步进指令 2 条，功能指令 128 条等共 300 多条。FX2N 型可编程控制器的编程语言主要有梯形图和指令表。指令表和梯形图有对应关系。FX2N 型可编程控制器的基本指令和图形符号见表 2-9。

表 2-9 FX2N 型可编程控制器的基本指令和图形符号

指 令	功 能	梯形图符号	指 令	功 能	梯形图符号	指 令	功 能	梯形图符号
LD	起始连接 常开接点		ANI	串联 常闭接点		OUT	普通线圈	—(Y000)
LDI	起始连接 常闭接点		ANDP	串联 上升沿接点		SET	置位	—[SET M3]
LDP	起始连接 上升沿接点		ANDF	串联 下降沿接点		RST	复位	—[RST M3]
LDF	起始连接 下降沿接点		ANB	串联导线	—	PLS	上升沿	—[PLS M2]
OR	并联 常开接点		ORB	并联导线		PLF	下降沿	—[PLF M3]
ORI	并联 常闭接点		MPS	回路向下 分支导线	T	MC	主控	—[MC N0 M2]
ORP	并联 上升沿接点		MRD	中间回路 分支导线	└	MCR	主控复位	—[MCR N0]
ORF	并联 下降沿接点		MPP	未回路 分支导线	L	NOP	空操作	
AND	串联 常开接点		INV	接点取反		END	程序结束	—[END]

2.3.1 FX 系列 PLC 的基本逻辑指令

FX2N 共有 27 条基本逻辑指令，其中包含了有些系列 PLC 的 20 条基本逻辑指令。



1. 取指令与输出指令 (LD/LDI/LDP/LDF/OUT)

(1) LD (取指令) 一个常开触点与左母线的连接指令, 每一个以常开触点开始的逻辑行都用此指令。

(2) LDI (取反指令) 一个常闭触点与左母线的连接指令, 每一个以常闭触点开始的逻辑行都用此指令。

(3) LDP (取上升沿指令) 与左母线连接的常开触点的上升沿检测指令, 仅在指定元件的上升沿 (由 OFF→ON) 时接通一个扫描周期。

(4) LDF (取下降沿指令) 与左母线连接的常闭触点的下降沿检测指令。

(5) OUT (输出指令) 对线圈进行驱动的指令, 也称为输出指令。

在图 2-1 (a) 中, 取反指令为 INV 时, 它前面的以 LD 开始的 X0、X1 并联接点的逻辑结果取反, 相当于图 2-1 (b)。

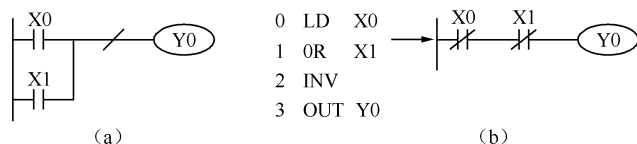


图 2-1 INV 对 LD 开始的接点逻辑结果取反

取指令与输出指令的使用说明如下:

1) LD、LDI 指令既可用于输入左母线相连的触点, 也可与 ANB、ORB 指令配合实现块逻辑运算;

2) LDP、LDF 指令仅在对应元件有效时维持一个扫描周期的接通。

3) LD、LDI、LDP、LDF 指令的目标元件为 X、Y、M、T、C、S;

4) OUT 指令可以连续使用若干次 (相当于线圈并联), 对于定时器和计数器, 在 OUT 指令之后应设置常数 K 或数据寄存器。

5) OUT 指令目标元件为 Y、M、T、C 和 S, 但不能用于 X。

2. 触点串/并联指令

(1) AND (与指令) 一个常开触点串联连接指令, 完成逻辑“与”运算。

(2) ANI (与反指令) 一个常闭触点串联连接指令, 完成逻辑“与非”运算。

(3) ANDP 上升沿检测串联连接指令。

(4) ANDF 下降沿检测串联连接指令。

(5) OR (或指令) 用于单个常开触点的并联, 实现逻辑“或”运算。

(6) ORI (或非指令) 用于单个常闭触点的并联, 实现逻辑“或非”运算。

(7) ORP 上升沿检测并联连接指令。

(8) ORF 下降沿检测并联连接指令。

触点串/并联指令的使用如图 2-2 所示。

触点串/并联指令的使用说明:

1) AND、ANI、ANDP、ANDF 都指单个触点串联连接的指令, 串联次数没有限制, 可反复使用。

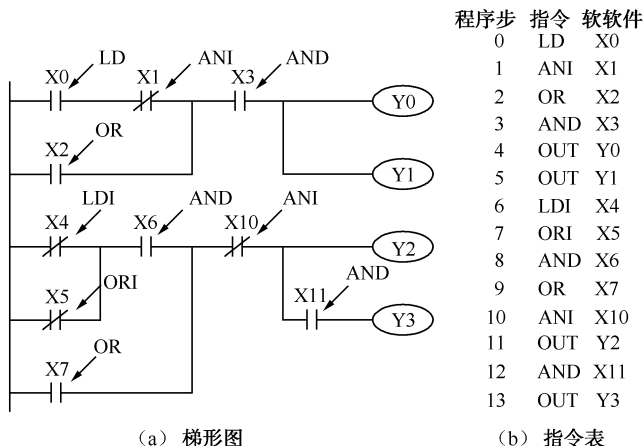


图 2-2 触点串/并联指令的使用

- 2) AND、ANI、ANDP、ANDF 的目标元件为 X、Y、M、T、C 和 S。
- 3) 图 2-2 中 OUT Y2 指令之后通过 X11 的触点去驱动 Y3，称为连续输出。
- 4) OR、ORI、ORP、ORF 指令都是指单个触点的并联，并联触点的左端接到 LD、LDI、LDP 或 LPF 处（图 2-2 的左母线），右端与前一条指令对应触点的右端相连。触点并联指令连续使用的次数不限；
- 5) OR、ORI、ORP、ORF 指令的目标元件为 X、Y、M、T、C、S。

3. 块操作指令（ORB/ANB）

(1) ORB（块或指令） 用于两个或两个以上触点串联连接的电路之间的并联。ORB 指令的使用如图 2-3 所示。

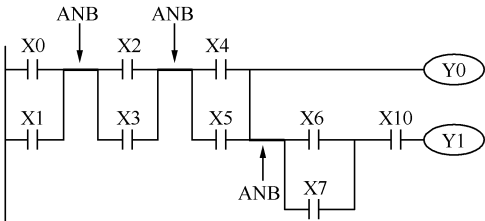


图 2-3 ORB 指令的使用

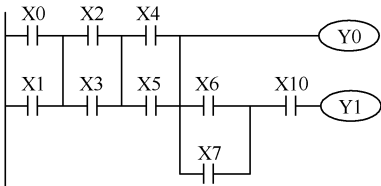
ORB 指令的使用说明：

- 1) 几个串联电路块并联连接时，每个串联电路块开始时应该用 LD 或 LDI 指令；
- 2) 有多个电路块并联回路，如对每个电路块使用 ORB 指令，则并联的电路块数量没有限制；
- 3) ORB 指令也可以连续使用，但这种程序写法不推荐使用，LD 或 LDI 指令的使用次数不得超过 8 次，也就是 ORB 只能连续使用 8 次以下。

(2) ANB（块与指令） 用于两个或两个以上触点并联连接的电路之间的串联。ANB 指令的使用如图 2-4 所示。



(a) ANB指令的应用



(b) 梯形图的一般画法

0	LD	X0
1	OR	X1
2	LD	X2
3	OR	X3
4	ANB	
5	LD	X4
6	OR	X5
7	ANB	
8	OUT	Y0
9	LD	X6
10	OR	X7
11	ANB	
12	AND	X10
13	OUT	Y1

(c) 指令表1

0	LD	X0
1	OR	X1
2	LD	X2
3	OR	X3
4	ANB	
5	LD	X4
6	OR	X5
7	ANB	
8	OUT	Y0
9	LD	X6
10	OR	X7
11	AND	X10
12	ANB	
13	OUT	Y1

(d) 指令表2

图 2-4 ANB 指令的使用

ANB 指令的使用说明：

- 1) 并联电路块串联连接时，并联电路块的开始均用 LD 或 LDI 指令；
- 2) 多个并联回路块连接按顺序和前面的回路串联时，ANB 指令的使用次数没有限制。也可连续使用 ANB，但与 ORB 一样，使用次数在 8 次以下

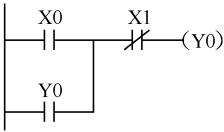
4. 置位与复位指令 (SET/RST)

- (1) SET (置位指令) 使被操作的目标元件置位并保持。
- (2) RST (复位指令) 使被操作的目标元件复位并保持清零状态。

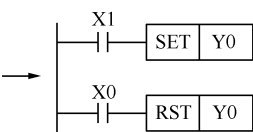
图 2-5 为置位线圈指令 SET 和复位线圈指令 RST 的基本应用梯形图。

图 2-5 (b) 为复位优先电路，当 X1 接点闭合时，Y0 线圈得电置位（等同于自锁）；当 X1 接点断开时，Y0 线圈仍得电。如要使 Y0 线圈失电，则要闭合 X0 接点，执行复位指令 RST 即可。如果 X0 和 X1 同时闭合，即同时执行 SET 和 RST 指令，Y0 线圈不得电。

图 2-5 (e) 为置位优先电路，其控制原理和图 2-5 (b) 基本一样，不同的是如果 X0 和 X1 同时闭合，即同时执行 SET 和 RST 指令，Y0 线圈得电。



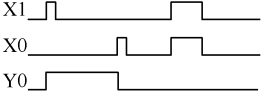
(a) 停止优先电路



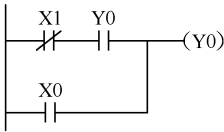
(b) 复位优先电路

指令表

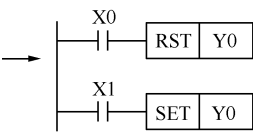
0	LD	X1
1	SET	Y0
2	LD	X0
3	RST	Y0



(c) 停止、复位优先时序图



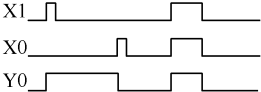
(d) 启动优先电路



(e) 置位优先电路

指令表

0	LD	X0
1	RST	Y0
2	LD	X1
3	SET	Y0



(f) 启动、置位优先时序图

图 2-5 SET、RST 指令的基本应用梯形图



SET、RST 指令的使用说明：

1) SET 指令的目标元件为 Y、M、S，RST 指令的目标元件为 Y、M、S、T、C、D、V、Z。RST 指令常被用来对 D、Z、V 的内容清零，还用来复位积算定时器和计数器。

2) 对于同一目标元件，SET、RST 可多次使用，顺序也可随意，但最后执行者有效。

5. 微分指令 (PLS/PLF)

(1) PLS (上升沿微分指令) 在输入信号上升沿产生一个扫描周期的脉冲输出。

(2) PLF (下降沿微分指令) 在输入信号下降沿产生一个扫描周期的脉冲输出。

PLS 指令和 PLF 指令的应用如图 2-6 所示。当 X0 闭合时 M0 线圈得电，M0 接点闭合一个扫描周期使 Y0 线圈置位；当 X1 闭合时 M1 线圈得电，M1 接点不动作，当 X1 断开时 M1 线圈失电，M1 接点动作，闭合一个扫描周期使 Y0 线圈复位。



图 2-6 PLS、PLF 指令的应用

PLS、PLF 指令的使用说明：

1) PLS、PLF 指令的目标元件为 Y 和 M；

2) 使用 PLS 时，仅在驱动输入为 ON 后的一个扫描周期内目标元件为 ON，如图 2-6 所示，M0 仅在 X0 的常开触点由断到通时的一个扫描周期内为 ON；使用 PLF 指令时，只是利用输入信号的下降沿驱动，其他与 PLS 相同。

6. 主控指令 (MC/MCR)

(1) MC (主控指令) 用于公共串联触点的连接。执行 MC 后，左母线移到 MC 触点的后面。

(2) MCR (主控复位指令) 它是 MC 指令的复位指令，即利用 MCR 指令恢复原左母线的位置。

在编程时常会出现这样的情况，多个线圈同时受一个或一组触点控制，如果在每个线圈的控制电路中都串入同样的触点，将占用很多存储单元，使用主控指令就可以解决这一问题。MC、MCR 指令的使用如图 2-7 所示，利用 MC N0 M100 实现左母线右移，使 Y0、Y1 都在 X0 的控制之下，其中 N0 表示嵌套等级，在无嵌套结构中 N0 的使用次数无限制；利用 MCR N0 恢复到原左母线状态。如果 X0 断开则会跳过 MC、MCR 之间的指令向下执行。

MC、MCR 指令的使用说明：

1) MC、MCR 指令的目标元件为 Y 和 M，但不能用特殊辅助继电器。MC 占 3 个程序步，MCR 占两个程序步。

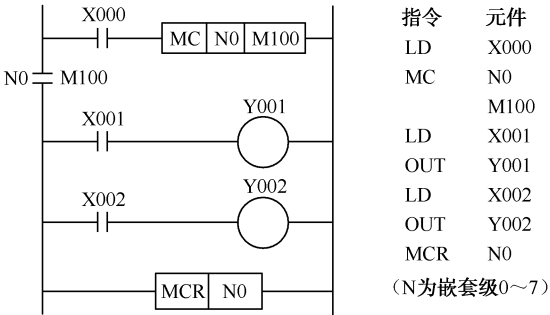


图 2-7 MC、MCR 指令的使用

2) 主控触点在梯形图中与一般触点垂直(如图 2-7 中的 M100)。主控触点是与左母线相连的常开触点,是控制一组电路的总开关。与主控触点相连的触点必须用 LD 或 LDI 指令。

3) MC 指令的输入触点断开时,在 MC 和 MCR 之间的积算定时器、计数器、用复位/置位指令驱动的元件保持其之前的状态不变。非积算定时器和计数器,用 OUT 指令驱动的元件将复位,图 2-7 中,当 X0 断开时, Y0 和 Y1 即变为 OFF。

4) 在一个 MC 指令区域内,若再使用 MC 指令称为嵌套。嵌套级数最多为 8 级,编号按 N0→N1→N2→N3→N4→N5→N6→N7 顺序增大,每级的返回用对应的 MCR 指令,从编号大的嵌套级开始复位。

7. 堆栈指令 (MPS/MRD/MPP)

堆栈指令是 FX 系列中新增的基本指令,用于多重输出电路,为编程带来便利。在 FX 系列 PLC 中有 11 个存储单元,它们专门用来存储程序运算的中间结果,被称为栈存储器。

(1) MPS (进栈指令) 将运算结果送入栈存储器的第一段,同时将先前送入的数据依次移到栈的下一段。

(2) MRD (读栈指令) 将栈存储器的第一段数据(最后进栈的数据)读出且该数据继续保存在栈存储器的第一段,栈内的数据不发生移动。

(3) MPP (出栈指令) 将栈存储器的第一段数据(最后进栈的数据)读出且该数据从栈中消失,同时将栈中其他数据依次上移。

堆栈指令的使用如图 2-8 所示,进栈后的信息可无限使用,最后一次使用 MPP 指令弹出信号,它用了两个栈单元。

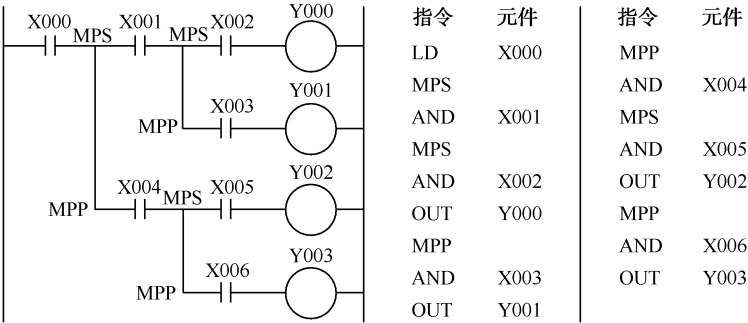


图 2-8 堆栈指令的使用



堆栈指令的使用说明：

- 1) 堆栈指令没有目标元件；
- 2) MPS 和 MPP 必须配对使用；
- 3) 由于栈存储单元只有 11 个，所以栈的层次最多 11 层。

8. 逻辑反、空操作与结束指令 (INV/NOP/END)

(1) INV (接点逻辑取反指令) 用于指令 LD、LDI、LDP、LDF 开始的接点或接点组的逻辑结果取反。

(2) NOP (空操作指令) 不执行操作，但占一个程序步。执行 NOP 时不做任何操作，有时可用 NOP 指令短接某些触点或用 NOP 指令将不要的指令覆盖。当 PLC 执行了清除用户存储器操作后，用户存储器的内容全部变为空操作指令。


(3) END (结束指令) 表示程序结束。若程序的最后不写 END 指令，则 PLC 不管实际用户程序多长，都从用户程序存储器的第一步执行到最后一步；若有 END 指令，当扫描到 END 时，则结束执行程序，这样可以缩短扫描周期。在程序调试时，可在程序中插入若干 END 指令，将程序划分若干段，在确定前面程序段无误后，依次删除 END 指令，直至调试结束。

2.3.2 FX 系列 PLC 的步进指令

1. 步进指令 (STL/RET)

步进指令是专为顺序控制而设计的指令。在工业控制领域许多控制过程都可用顺序控制的方式来实现，使用步进指令实现顺序控制既方便实现又便于阅读修改。

FX2N 中有两条步进指令：STL (步进触点指令) 和 RET (步进返回指令)。

STL 和 RET 指令只有与状态器 S 配合才能具有步进功能。如 STL S200 表示状态常开触点，称为 STL 触点，它在梯形图中的符号为 ，它没有常闭触点。我们用每个状态器 S 记录一个工步，例 STL S200 有效 (为 ON)，则进入 S200 表示的一步 (类似于本步的总开关)，开始执行本阶段该做的操作，并判断进入下一步的条件是否满足。一旦结束本步信号为 ON，则关断 S200 进入下一步，如 S201 步。RET 指令是用来复位 STL 指令的。执行 RET 后将重回母线，退出步进状态。

2. 状态转移图

一个顺序控制过程可分为若干个阶段，也称为步或状态，每个状态都有不同的动作。当相邻两状态之间的转换条件得到满足时，将实现转换，即由上一个状态转换到下一个状态执行。我们常用状态转移图 (功能表图) 描述这种顺序控制过程。如图 2-9 所示，用状态器 S 记录每个状态，X 为转换条件。当 X1、X3 为 ON 时，则系统由 S0 状态转为 S20 状态。

SFC 图便于阅读，也便于设计。SFC 图也可以用 STL 图 (步进梯形图) 来表示，如图 2-9 (b) 所示，状态步的线圈要用 SET 指令。其主控接点用 STL 指令。在 SFC 图结束后要用 RET 指令，图 2-9 (c) 所示为指令表。

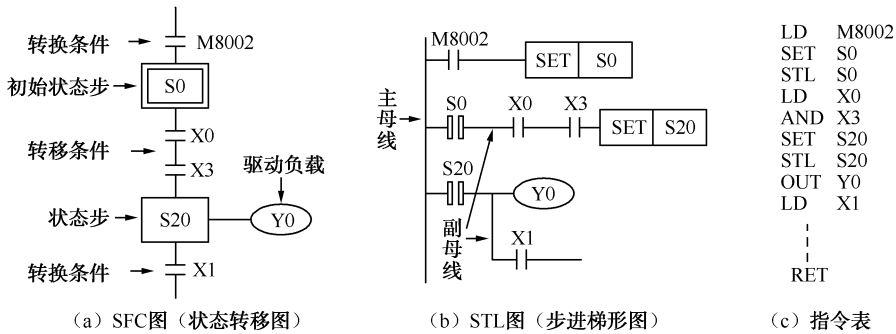


图 2-9 状态转移图与步进指令

3. 步进指令的使用说明

- 1) STL 触点是与左侧母线相连的常开触点，某 STL 触点接通，则对应的状态为活动步；
- 2) 与 STL 触点相连的触点应用 LD 或 LDI 指令，只有执行完 RET 后才返回左侧母线；
- 3) STL 触点可直接驱动或通过别的触点驱动 Y、M、S、T 等元件的线圈；
- 4) 由于 PLC 只执行活动步对应的电路块，所以使用 STL 指令时允许双线圈输出（顺控程序在不同的步可多次驱动同一线圈）；
- 5) STL 触点驱动的电路块中不能使用 MC 和 MCR 指令，但可以用 CJ 指令；
- 6) 在中断程序和子程序内，不能使用 STL 指令。

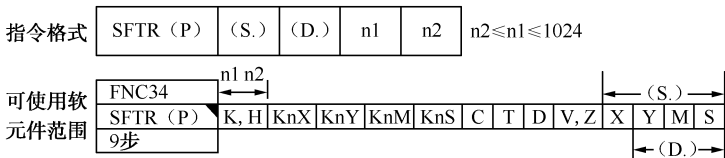
2.4 FX 系列 PLC 的功能指令

早期的 PLC 大多用于开关量控制，基本指令和步进指令已经能满足控制要求。为适应控制系统的其他控制要求（如模拟量控制等），从 20 世纪 80 年代开始，PLC 生产厂家就在小型 PLC 上增设了大量的功能指令（也称应用指令），功能指令的出现大大拓宽了 PLC 的应用范围，也给用户编制程序带来了极大方便。FX 系列 PLC 有多达 100 多条功能指令（见附录 A），由于篇幅的限制，本节仅对比较常用的功能指令作详细介绍，其余的指令只作简介，读者可参阅 FX 系列 PLC 编程手册。

2.4.1 概述

1. 功能指令的表示格式

每种功能指令都有规定的指令格式，如位右移 SFTR (SHIFT RIGHT) 功能指令的指令格式如下：





(S): 源元件, 其数据或状态不随指令的执行而变化。如果源元件可以变址用 (S.) 表示, 如果有多个源元件可以用 (S1.)、(S2.) 等表示。

(D): 目的元件, 其数据或状态将随指令的执行而变化。如果目的元件可以变址用 (D.) 表示, 如果有多个目的元件可以用 (D1.)、(D2.) 等表示。


m、n: 既不做源元件又不做目的元件用 m、n 表示, 当元件数量多时用 m1、m2、n1、n2 等表示。


功能指令执行的过程比较复杂, 通常要多个程序步, 如 SFTR 功能指令的程序步为 9 步。功能指令最少为 1 步, 最多为 17 步。

功能指令的指令段通常占 1 个程序步, 16 位操作数占 2 步, 32 位操作数占 4 步。

2. 功能指令的执行方式与数据长度

FX2N 型 PLC 中的数据寄存器 D 为 16 位, 用于存放 16 位二进制数。在功能指令的前面加字母 D 就变成了 32 位指令, 例如:

 16 位指令, 表示将 D0 中的 16 位二进制数据传送到 D2 中。

 32 位指令, 表示将 (D1、D0) 中的 32 位二进制数据传送到 (D3、D2) 中。

(D1、D0) 和 (D3、D2) 分别组成两个 32 位数据寄存器, D1、D3 分别存放高 16 位, D0、D2 分别存放低 16 位。

功能指令中的“D”表示该指令是 32 位指令, 不加 D 为 16 位指令。

3. 功能指令的数据格式

(1) 位元件与字元件

X、Y、M、S 等只处理 ON/OFF 信息的软元件称为位元件; T、C、D 等处理数值的软元件称为字元件, 一个字元件由 16 位二进制数组成。

位元件可以通过组合使用, 4 个位元件为一个单元, 通常表示方法为 Kn 加起始的软元件号组成, n 为单元数。例如, K2 M0 表示 M0~M7 组成两个位元件组 (K2 表示 2 个单元), 它是一个 8 位数据, M0 为最低位。如果将 16 位数据传送到不足 16 位的位元件组合 (n<4) 时, 只传送低位数据, 多出的高位数据不传送, 32 位数据传送也同此。在做 16 位数操作时, 如果参与操作的位元件不足 16 位, 高位的不足部分均做 0 处理, 这意味着只能处理正数 (符号位为 0), 在做 32 位数处理时也一样。被组合元件的首位元件可以任意选择, 但为避免混乱, 建议采用编号以 0 结尾的元件, 如 S10, X0, X20 等。

(2) 数据格式

在 FX 系列 PLC 内部, 数据以二进制 (BIN) 补码的形式存储, 所有的四则运算都使用二进制数。二进制补码的最高位为符号位, 正数的符号位为 0, 负数的符号位为 1。FX 系列 PLC 可实现二进制码与 BCD 码的相互转换。

为更精确地进行运算, 可采用浮点数运算。在 FX 系列 PLC 中提供了二进制浮点运算和十进制浮点运算, 设有将二进制浮点数与十进制浮点数相互转换的指令。二进制浮点数采用编号连续的一对数据寄存器表示, 如 D11 和 D10 组成的 32 位寄存器中, D10 的 16 位加上



D11 的低 7 位共 23 位为浮点数的尾数，而 D11 中除最高位的前 8 位是阶位，最高位是尾数的符号位（0 为正，1 是负）。十进制的浮点数也用一对数据寄存器表示，编号小的数据寄存器为尾数段，编号大的为指数段。

例如：使用数据寄存器（D1，D0）时，表示数为
$$\text{十进制浮点数} = (\text{尾数 D0}) \times 10^{(\text{指数 D1})}$$

式中，D0、D1 的最高位是正、负符号位。

2.4.2 FX 系列 PLC 功能指令介绍

FX 系列 PLC 有丰富的功能指令，共有程序流向控制、传送与比较、算术与逻辑运算、循环与移位等 19 类功能指令。

1. 条件跳转指令

条件跳转指令 CJ (P) 的编号为 FNC00，操作数为指针标号 P0~P127，其中 P63 为 END 所在步序，不需标记。指针标号允许用变址寄存器修改。CJ 和 CJP 都占 3 个程序步，指针标号占 1 步。条件跳转指令格式为：

指令格式
3 步

FNC00 CJ(P)	Pn
----------------	----

Pn=P0~P127，P63 为跳到 END（1 步）

跳转指令的应用如图 2-10 所示，是一种常见的两种控制方式选择的梯形图，正常时 X0=0，执行自动控制梯形图程序；当 X0=1 时，CJ P0~P0 之间的自动控制梯形图程序被跳转，执行 CJ P63~END 之间的手动控制梯形图程序。

图中的 CJ63 为跳转到 END，不用标号 P63。

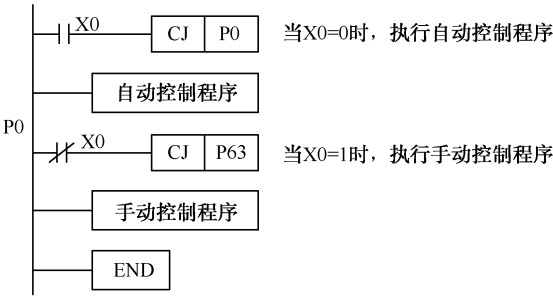


图 2-10 跳转指令应用实例

使用跳转指令时应注意：

- 1) CJP 指令表示脉冲执行方式。
- 2) 在一个程序中一个标号只能出现一次，否则将出错。
- 3) 在跳转执行期间，即使被跳过程序的驱动条件改变，其线圈（或结果）仍保持跳转前的状态，因为跳转期间并没有执行这段程序。
- 4) 如果在跳转开始时定时器和计数器已在工作，则在跳转执行期间它们将停止工作，到跳转条件不满足后又继续工作。但对于正在工作的定时器 T192~T199 和高速计数器 C235~C255 不管有无跳转仍连续工作。



5) 若积算定时器和计数器的复位 (RST) 指令在跳转区外, 即使它们的线圈被跳转, 对它们的复位仍然有效。

2. 子程序调用与子程序返回指令

子程序调用指令 CALL 的编号为 FNC01。操作数为 P0~P127, 此指令占用 3 个程序步。子程序返回指令 SRET 的编号为 FNC02。无操作数, 占用 1 个程序步。

子程序调用指令格式为:

指令格式 3 步	FNC01		Pn	Pn=P0~P62, P64~P127 (1 步)
	CALL(P)			

子程序返回格式为:

指令格式 1 步	FNC02
	SRET

主程序结束指令格式为:

指令格式 1 步	FNC06
	FEND

使用子程序调用与返回指令时应注意:

- 1) 转移标号不能重复, 也不可 与跳转指令的标号重复。
- 2) 子程序可以嵌套调用, 最多可 5 级嵌套。

3. 比较指令

比较指令 (CMP) 指令格式:

指令格式	<table border="1"><tr><td>(D) CMP (P)</td><td>(S1.)</td><td>(S2.)</td><td>(D.)</td></tr></table>														(D) CMP (P)	(S1.)	(S2.)	(D.)
(D) CMP (P)	(S1.)	(S2.)	(D.)															
可使用软 元件范围	FNC010		← (S1.) (S2.) →															
	(D) CMP (P)	K, H	KnX	KnY	KnM	KnS	C	T	D	V, Z	X	Y	M	S				
	7/13步												← (D.) →					

比较指令 (CMP) 是将两个源数据 (S1.)、(S2.) 的数值进行比较, 比较结果由 3 个连续的继电器来表示。

使用比较指令 CMP/ZCP 时应注意:

- 1) (S1.)、(S2.) 可取任意数据格式, 目标操作数 (D.) 可取 Y、M 和 S。
- 2) 使用 ZCP 时, (S2.) 的数值不能小于 (S1.)。
- 3) 所有的源数据都被看成二进制数值处理。

4. 传送类指令 (MOV)

指令格式	(D) MOV (P)	(S.)	(D.)											
可使用软 元件范围	FNC012	← (S.) →												
	(D) MOV (P)	K, H	KnX	KnY	KnM	KnS	C	T	D	V, Z	X	Y	M	S
	5/9步	← (D.) →												

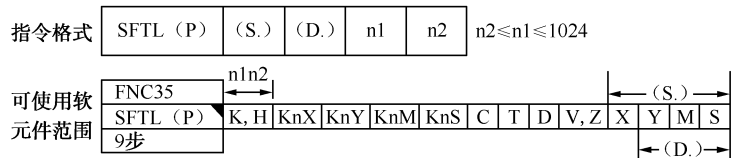
传送类指令 (MOV) 在功能指令中是使用最多的指令, 它用于将 (S.) 中的数值不经任何变换直接传送到 (D.) 中。



应用 MOV 指令时应注意：

- 1) 源操作数可取所有数据类型，源操作数可以是 KnY、KnM、KnS、T、C、D、V、Z。
- 2) 16 位运算时占 5 个程序步，32 位运算时占 9 个程序步。

5. 位左移指令 (SFTL)



(D.) 为 n1 位移位寄存器，(S.) 为 n2 位数据，当执行该指令时，n1 位移位寄存器 (D.) 将 (S.) 的 n2 位数据向左移动 n2 位，如图 2-11 所示，由 M15~M0 组成 16 位移位寄存器，X3~X0 为移位寄存器的 4 位数据输入，当 X10=1 时，M15~M0 中数据向左移动 4 位，其中高 4 位数据移出丢失，X3~X0 的数据移入低 4 位。

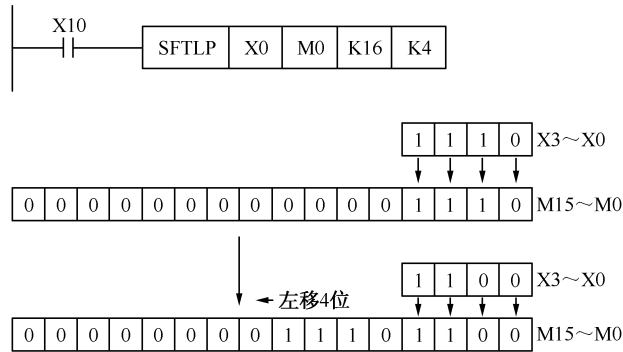
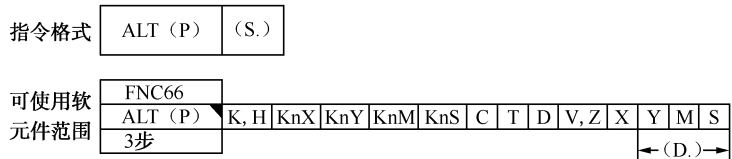


图 2-11 位左移指令 (SFTL) 说明

6. 交替输出指令



交替输出指令 (ALT) 相当于前面讲过的二分频电路或单按钮启动停止电路。如图 2-12 所示，在 X0 的上升沿，M0 的状态发生翻转，由 0 变为 1，或由 1 变为 0。

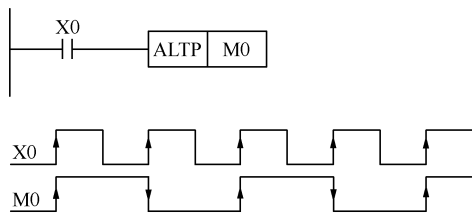


图 2-12 交替输出指令 (ALT) 说明



2.5 Q 系列可编程控制器概述及 I/O 地址分配

2.5.1 Q 系列可编程控制器概述

MELSEC-Q 系列是一个品种繁多的产品系列,如图 2-13 所示。能广泛适应用户的不同需求。

MELSEC-Q 系列由三种类型的 CPU 模块构成:一种是为想设计以小规模系统为对象的简单小型系统的客户提供的基型;一种是为重视高速处理和系统的扩展性的客户提供的高性能型;还有一种是为想构建计量系统的客户提供的过程 CPU。



图 2-13 MELSEC-Q 可编程控制器

Q 系列 PLC 可以构建从小规模到大规模的系统,不仅继承了 MELSEC 各种功能和使用方法,而且实现了高性能和易用性的统一。CPU 内置 8~252KB 程序容量, Q 系列高速 CPU 运行基本指令仅需 34ns,是原机种 A2USHCPU-S1 的 5 倍、Q2ASHCPU 的 2.7 倍。浮点数运算也实现了飞跃,在通信数据容量增加的同时,使整个传输时间缩短, Q 系列的底板总线实现了高速化。Q 系统可以同时安装 PLC-CPU、运动 CPU、PC-CPU,如图 2-14 所示。可以在各种应用领域根据实际的要求配置最合理的系统。

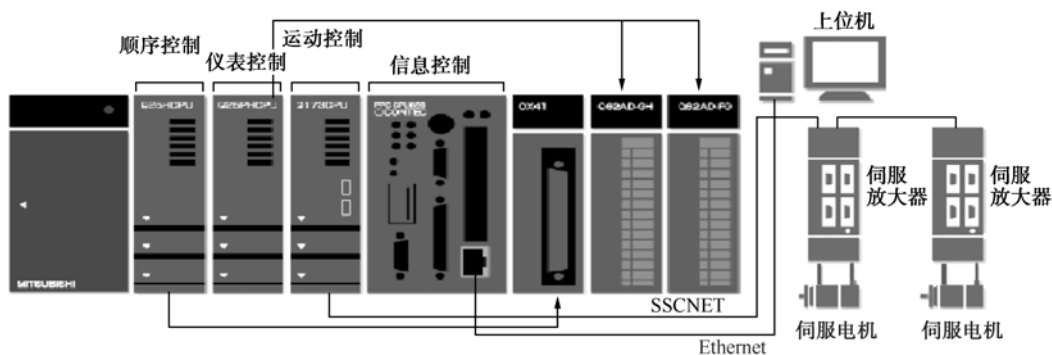


图 2-14 多 CPU 系统

基本型以小规模系统为对象,追求紧凑化、小型化,空间节约;它的 CC-Link 使用简单、无须参数的 CC-Link 远程模块使用时与本机 I/O 一样方便,如图 2-15 所示;支持程序结构化, CPU 内置串行通信功能,与计算机、显示器等方便连接。

高性能型是重视高速处理和系统扩展性的类型,如图 2-16 所示。程序容量和标准 RAM 的容量增加, PLC-CPU、运动 CPU、PC-CPU 的融合,多种编程语言,可以使用 A 系列 I/O



模块和智能化功能模块，增强了编程/调试环境，能够确保灵活地适应任何系统。

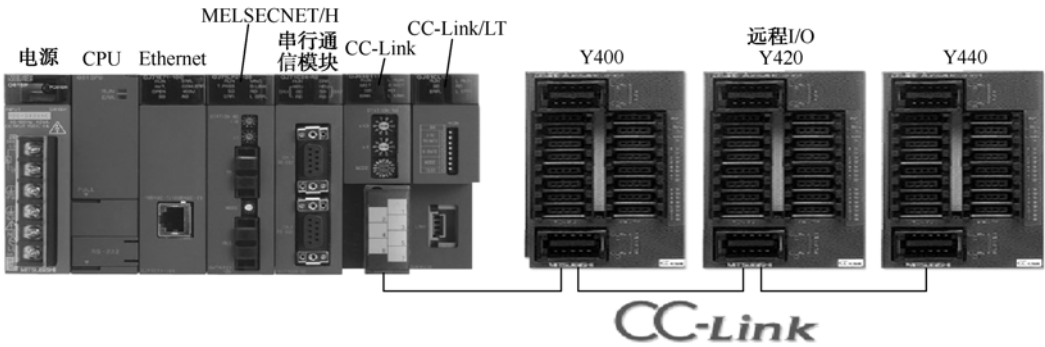


图 2-15 基本型 CC-Link 小规模系统



图 2-16 高性能型 Q 系列 PLC

2.5.2 Q 系列可编程控制器 I/O 地址分配

1. 什么是 I/O 地址？

I/O 地址是顺控程序中用来接收 QCPU ON/OFF 数据的，以及从 QCPU 输出 ON/OFF 数据的。输入（X）用于接收 QCPU ON/OFF 的数据。输出（Y）用于从 QCPU 输出 ON/OFF 数据。

I/O 地址用十六进制表示。当使用 16 点 I/O 模块时，I/O 地址是一个连续编号，一个插槽有 16 个点，从 0~F，如图 2-17 所示。

电源 模块	QCPU	X000	X010	X020	X030	X040
		⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
		X00F	X01F	X2C	X03F	X04F
				⋮		
				X02F		

图 2-17 I/O 地址

2. I/O 地址分配的概念

QCPU 接通或复位时指定 I/O 地址。为了分配 I/O 地址，应遵循下列规定：



(1) 基板的插槽编号

分配 QCPU 主基板和扩展基板模块编号的模式分为“自动”和“具体”两种模式。

1) 自动模式。在自动模式中，对应主基板和扩展基板来分配基板的插槽编号。对应模块的当前基板来分配 I/O 地址。

2) 具体模式。①在具体模式中，通过设置 PLC 参数的 I/O 分配将插槽编号分配给各个基板（主基板和扩展基板）。②设置插槽编号与当前使用模块的插槽编号无关。但是必须为所有使用中的基板设置。如果不为所有的基板设置插槽编号，就不能正确地进行 I/O 分配。③当分配的插槽编号大于已安装的基板插槽编号时，这时在分配的插槽中，基板上除了被安装的基板占用的插槽之外，将会有空闲插槽出现。空闲插槽的点数由 PLC 系统指定或由 I/O 分配（默认值：16 点）。④当分配的插槽编号小于当前使用的基板插槽编号时，除了已分配的插槽以外，其他插槽无效。

(2) I/O 地址分配的顺序

I/O 地址从左依次向右分配给模块，在主基板上从 OH 开始分配给 QCPU 右边的模块。

对扩展基板 I/O 地址的分配从主基板 I/O 地址的最后一个编号开始依次进行。

对扩展基板的 I/O 地址的分配应按照扩展基板级设置连接器的顺序，依次从左（Y00）至右进行。

(3) 每个插槽的 I/O 地址

每个基板插槽占用安装 I/O 模块或智能型功能模块（特殊功能模块）I/O 地址的点数。

当在 QCPU 的右边安装 32 点的输入模块时，X0~X1F 将作为 I/O 地址来进行分配。

(4) 空闲插槽的 I/O 地址

如果基板具有既不装 I/O 模块又不装智能型功能模块（特殊功能模块）的空闲插槽，将由 PLC 参数的 PLC 系统设置分配的点数分配给空闲插槽（默认值：16 点）。当对基板的分配以自动模式进行，而且对扩展基板没有分配级编号时，“0”就分配给插槽编号和扩展基板的 I/O 点数。结果，即使跳过扩展基板的扩展级，空闲插槽编号也不会增大。

基板设定为自动模式不作 I/O 分配时，I/O 地址分配的示例如图 2-18 所示。

3. 用 GX Developer 分配 I/O 地址

(1) 用 GX Developer 分配 I/O 地址的目的

在下列环境下用 GX Developer 分配 I/O。

1) 当将模块更换为非 16 点模块时应保留点数。当前的模块将来改变为与 I/O 点数不同的模块时，可以预先保留点数，从而不必再改变 I/O 地址。例如，可以将一个 32 点 I/O 模块分配到当前装有 16 点 I/O 模块的插槽上。

2) 当更换模块时，防止 I/O 地址改变。当非 16 点的 I/O 模块或智能型功能模块由于故障而拆下时，可避免 I/O 地址的改变。

3) 改变用于程序的 I/O 地址。当分配程序的 I/O 地址不同于实际系统的 I/O 地址时，基板每个模块的 I/O 地址可设置为程序 I/O 地址。如图 2-19 所示。

4) 设定输入模块和中断模块的输入响应时间（I/O 响应时间），为了使输入模块和中断



模块的输入响应时间和系统相匹配，预先在 I/O 分配中选择“类型”。

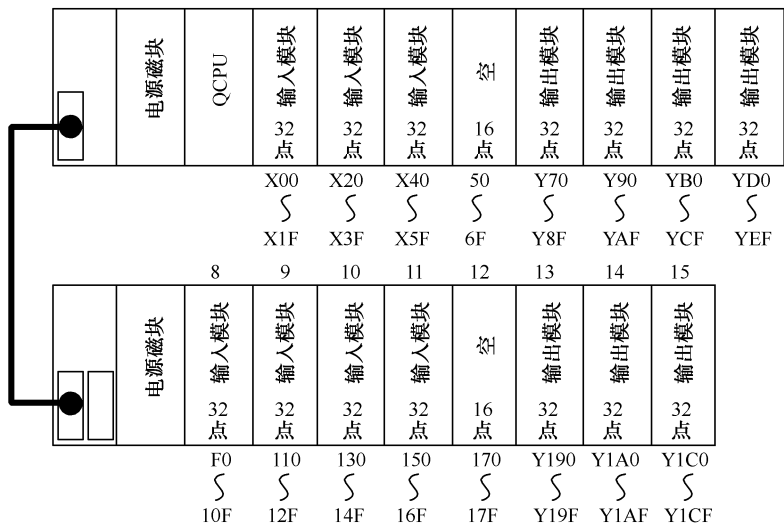


图 2-18 自动模式 I/O 地址分配

5) 设置智能型功能模块的开关。为了设置智能型功能模块的开关，预先在 I/O 分配中选择“类型”。

6) 在 QCPU 出错期间设置输出。当 QCPU 由于停止错误而停止操作时，为了设置输出模块和智能型功能模块的输出状态（保持/清除），预先在 I/O 分配中选择“类型”。

7) 在智能型功能模块硬件出错时设置 QCPU 操作。在智能型功能模块硬件出错时，为了设置 QCPU 操作（继续/停止），预先在 I/O 分配中选择“类型”。

(2) 用 GX Developer 分配 I/O 地址的操作

1) 对每个插槽分配 I/O 地址。双击“PLC 参数”，打开参数设置对话框，如图 2-19 所示。可以对基板的每个插槽分别指定“Type”（类型名），“Points”（I/O 点数）和“Start XY”（起始的 I/O 编号）。



图 2-19 用 GX Developer 分配 I/O 地址对话框



- 2) 在软元件对话框里, 可以看到 (或设定) 软元件参数, 如掉电范围, 如图 2-20 所示。
- 3) 在 PLC 系统、串口通信、PLC RAS 对话框里, 也可以设定相应的参数, 如图 2-21 所示。

PLC 名	PLC 系统	PLC 文件	PLC RAS	软元件	程序	引导文件		
标记	进制	点数	锁存 (1) 起始	锁存 (1) 结束	锁存 (2) 起始	锁存 (2) 结束	局部软元件起始	局部软元件结束
输入继电器	X	16	2K					
输出继电器	Y	16	2K					
内部继电器	M	10	8K					
锁存继电器	L	10	2K		30	130		
链接继电器	B	16	2K					
报警器	F	10	1K					
链接特殊继电器	SB	16	1K					
变址继电器	V	10	1K					
步进继电器	S	10	2K					
定时器	T	10	512					
保持定时器	ST	10	0K					
计数器	C	10	512					
数据寄存器	D	10	11136	100	400			
链接寄存器	W	16	2K					
链接特殊	SW	16	1K					

软元件总数: 16.4 K字
字软元件: 15.2 K字
位软元件: 19.0 K位

总软元件点数可达16704字。
锁存 (1): 可以使用锁存清除键进行清除。
锁存 (2): 禁止使用锁存清除键进行清除。
使用 [清除PLC内存] 清除软元件内存。
高速软元件区域X0--C511

XY分配确认 多CPU设置 默认值 检查 结束设置 取消

图 2-20 软元件参数

Qn(H) 参数设置

PLC 名: PLC 系统: PLC 文件: PLC RAS: 软元件: 程序: 引导文件: SFC: I/O 分配:

计时器时限设置

低速: 100 ms (1ms--1000ms)
高速: 10.0 ms (0.1ms--100ms)

RUN-PAUSE触点

RUN: X (X0--X1FFF)
PAUSE: X (X0--X1FFF)

远程复位

☐ 允许

STOP->RUN时的输出模式

☒ 输出STOP前的输出 (Y) 状态
☐ 清除输出 (Y) 输出延迟一个扫描周期

浮点计算处理

☒ 进行内部运算的双精度处理

智能型功能模块设置

中断点设置

(*)多CPU时, 请保持设置一致。

WDT (看门狗定时器) 设置

WDT设置: 200 ms (10ms--2000ms)
初始化执行监视时间: ms (10ms--2000ms)
低速程序执行周期: ms (10ms--2000ms)

出错时的运行模式: PC I/F 串口设置

运算错误: ☒ RS-232C
扩展命令错误: ☐ USB
保险丝熔断: ☐ 高速运行
模块同步设置: 传送速度: 115.2Kbps
☒ 智能型功能模块

A系列CPU兼容设置

☒ 使用SM1000, SD1000以后的特殊继电器/特殊寄存器

XY分配确认 多CPU设置 默认值 检查 结束设置 取消

图 2-21 PLC 系统、串口通信、PLC RAS 对话框

2.6 Q 系列可编程控制器编程元件

下面我们着重介绍三菱公司 PLC 的一些编程元件及其功能软元件, 通常称为继电器、定时器、计数器等, 但它们与真实元件有很大差别, 一般称它们为“软继电器”。这些编程用的继电器, 它的工作线圈没有工作电压等级、功耗大小和电磁惯性等问题; 触点没有数量限制、



没有机械磨损和电蚀等问题。在不同的指令操作下，其工作状态可以无记忆，也可以有记忆，还可以作脉冲数字元件使用。一般情况下，X 代表输入继电器，Y 代表输出继电器，M 代表辅助继电器，SM 代表专用辅助继电器，T 代表定时器，C 代表计数器，S 代表状态继电器，D 代表数据寄存器，MOV 代表传输等。QPLC 软元件见表 2-10。

表 2-10 QPLC 软元件

项 目			PLC CPU							过程 CPU		
			基 本 型			高 性 能 型						
			Q00J	Q00	Q01	Q02	Q02H	Q06H	Q12H	Q25H	Q12PH	Q25PH
程序容量（步）			8KB		14KB	28KB		60KB	124KB	252KB	124KB	252KB
参数/程序/注释的容量（字节）			58KB		94KB	112KB		240KB	496KB	1008KB	496KB	1008KB
软元件 点数 （默认值）	输入	X	2048			8192				8192		
	输出	Y	2048			8192				8192		
	内部继电器	M	8192			8192				8192		
	锁存继电器	L	2048			8192				8192		
	报警器	F	1024			2048				2048		
	边沿继电器	V	1024			2048				2048		
	步进继电器	S	2048（注 2.6）			8192				8192		
	链接特殊继电器	SB	1024			2048				2048		
	定时器	B	2048			8192				8192		
	累计定时器	T	512			2048				2048		
	计数器	ST	0			0				0		
	数据寄存器	C	512			1024				1024		
	链接寄存器	D	11136			12288				12288		
	链接寄存器	W	2048			8192				8192		
	链接特殊寄存器	SW	1024			2048				2048		
文件寄存 器点数	使用 CPU 内置存储器 （标准 RAM）时		无		32KB	32KB		32KB/64KB（注 2.7）		128KB	128KB	
	使用 SRAM 卡时		无（不可使用存储卡）			1017KB					1017KB	

1. 输入 X

输入是从诸如按钮、选择开关、限位开关和数字开关等外部设备给 PLC 发命令和数据的信号输入；它们的编号与接线端子编号一致（按八进制输入），线圈的吸合或释放只取决于 PLC 外部触点的状态。内部有常开/常闭两种触点供编程时使用，且使用次数不限。输入电路的时间常数一般小于 10ms。各基本单元都是八进制输入的地址，输入为 X000~X007, X010~X017, X020~X027。它们一般位于机器的上端。可分为刷新输入和直接访问输入。

- 1）刷新输入是使用刷新模式从输入模块读出 ON/OFF 数据。在顺控程序中将些输入表示为“X”。
- 2）直接访问输入是每次执行触点指令时从输入模块的输入信号，使用直接模式从输入模块读出 ON/OFF 数据。在顺控程序中将些输入表示为“DX”。



对直接访问输入，输入模块是由执行的指令进行直接访问的。因而处理的速度比刷新输入慢。此外，直接访问输入只能用于输入模块和智能/特殊功能模块的输入。如果在用做直接访问输入以后用做刷新输入，系统将按照在直接访问输入时读出的开/关数据来运行。

2. 输出 Y

输出是给外部电磁线圈、信号灯、数字显示等输出程序的控制结果的信号，输出可分为刷新输出和直接访问输出。

1) 刷新输出在刷新 END 处理时，从所有输出模块成批输出的输出信号。这些输出规定为顺控程序中的 Y。

2) 直接访问输出。每次执行线圈指令时，从输出模块输出信号，这些输出规定为顺控程序中的 DY。

与 FX 不一样，在 QPLC 中，可以将字软元件的各个位作为触点线圈处理，如图 2-22 所示，将 D0 的 b5 作为通/断数据使用，D0 的 b10 作为输出线圈使用。

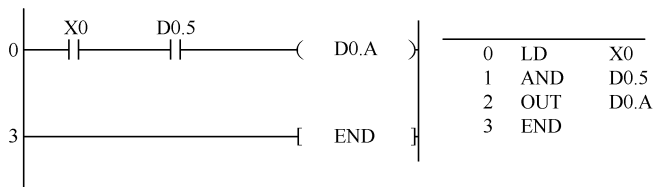


图 2-22 位作为触点线圈处理

其他的一些指令，如置位复位、脉冲输出、清除、移位、主控触点、空操作、跳转指令等，和 FX2N 系列基本一样。

3. 内部继电器 M

内部继电器是 CPU 模块中使用的不锁存停电保持的辅助继电器，在接通电源 QCPU 的复位或清除锁存数据操作时它们变为 OFF。内部继电器 M 只能用于内部 QCPU 处理，而不能向外部输出。

1) 内部继电器是不能由可编程控制器的内部锁存（后备存储器）来锁存的辅助继电器。在下列时刻，所有的内部继电器都被切换到 OFF（关）：

- 当电源从 OFF 到 ON 时；
- 当发生 QCPU 复位时；
- 当执行 QCPU 锁存清除操作时。

2) 在程序中使用的接触器的数目（常开接触器，常闭接触器）是没有限制的。

4. 锁存继电器 L

锁存继电器是 CPU 模块中使用的进行锁存、停电保持的辅助继电器，在接通电源或 CPU 模块复位时保持运算结果，同时进行清除锁存数据操作时它们变为 OFF，锁存继电器可由 QCPU 的锁存清除来切换到关（OFF）。然而如果已经用软元件设定参数将该锁存继电器定为锁存清除无效，则不能通过 RESET/L.CLR 开关来使该锁存继电器切换到关（OFF）。



5. 边沿继电器 V

边沿继电器是记录梯形图块开始处运算结果的软元件，它只可以用做触点，边沿继电器用于变址修饰结构的程序中，通过其上升沿 **OFF ON** 检测启动程序的执行。

6. 链接继电器 B

链接继电器是 CPU 模块侧软元件继电器，用于把 MELSECNET/H 网络模块中的链接数据刷新成 CPU 模块数据，或把 CPU 模块数据刷新成网络模块中的链接数据。使用网络参数来设置 LB 和 B 的范围。

7. 链接特殊继电器 SB

链接特殊继电器是表示 MELSECNET/H 网络模块通信状态/故障检测的内部继电器。

8. 步进继电器 S

步进继电器是用于 SFC 的软元件。

9. 定时器 T

定时器是加法型,它们在接通其线圈时开始计时，并在其当前值达到或超过其设定值时接通其触点而结束计时。

有两种类型的定时器：一种是当定时器线圈 **OFF** 时，允许当前值归“0”的低/高速定时器；另一种是即使定时器线圈 **OFF** 时，仍保持当前值的积算定时器。

通过定时器的设定（指令格式），一个软元件被指定用做低速定时器或高速定时器。**OUT T0** 指令用来指定一软元件为低速定时器，低速定时器是只有当线圈 **ON** 时才运行的定时器。**OUTH T0** 指令则用于指定一软元件为高速定时器。

积算定时器设计用于在断开线圈时，保持其当前值；并在再次接通线圈时从保持的当前值起继续计时。定时器在执行 **OUT T** **OUTH T** 指令时接通/断开其线圈，更新其当前值。

定时器测量单位和范围见表 2-11。

- 1) 低速定时器的测量时间单位默认值为 100ms。可以指定时间测量单位设定值以 1ms 为单位，在 1~1000ms 范围内。
- 2) 高速定时器的计时单位设定的默认值为 10ms。可以指定时间单位设定为 0.1ms，在 0.1~100ms 之间。可以在 PLC 参数中设定。

表 2-11 定时器测量单位和范围

	指 定 方 法	计 时 范 围	
		默 认	设 置 范 围
低速定时器	OUT T □	100ms	1~1000ms（1ms 增量）
高速定时器	OUTH T □	10ms	0.1~1000ms（1ms 增量）
低速积算定时器	OUT ST □	100ms	1~1000ms（1ms 增量）
高速积算定时器	OUTH ST □	10ms	0.1~100ms（0.1ms 增量）



使用定时器的注意事项：

- 1) 不要重复使用相同的定时器线圈。
- 2) 当接通定时器的线圈时不要使用 CJ 指令或类似指令，跳越定时器的线圈处理。
- 3) 在初始化执行型程序、待机型程序、固定周期执行型程序和中断程序中不要使用定时器。
- 4) 当一个定时器（如 T1）线圈 ON 时，使用一个 CJ 指令，就不能跳过 OUT T1 指令。如果跳过 OUT T 指令，定时器的当前值就不会被更新。
- 5) 定时器不能用在中断程序和固定循环执行的程序中。
- 6) 如果定时器设定值为“0”，当执行 OUT T 指令时，接触器变为 ON。
- 7) 如果设定值改变到一个高于当前值的数值，随后定时器“时间用完”，这“时间用完”的状态会保持有效。不会发生定时器运行。
- 8) 如果定时器用于一个低速执行型的程序，执行 OUT T 指令时，当前值将被加到低速扫描时间上。

10. 计数器 C

计数器是一种在顺控程序中对输入条件脉冲前边沿计数的软元件。它们在当前值达到其设定值时，因为触点接通而结束计数。计数器在执行 OUT C 指令时接通/断开其线圈，更新其当前值接通其触点，在 END 处理中并不执行当前值更新和触点的 ON/OFF，使用 RST C 复位计数器的计数值。只有当输入条件的 ON/OFF 时间（间隔）比相应的 OUT C 指令的执行（时间）间隔长的时候，计数器才计数。

最大的计数速度由下列公式来计算：

$$C_{\max} = n/100 \times (1/T)$$

式中 n 为占空率 (%) $\times 2$ ；

T 为 OUT C 指令的执行间隔时间。

11. 中断计数器

中断计数器设计用于给发生的中断次数计数并在发生中断因素时，更新其当前值。为了使用中断计数器，首先必须在 PLC 参数中设定指定中断计数器编号。

有 256 点被分配作中断计数器。可以指定“第一个计数器编号”。如果 C300 被指定为第一个中断计数器的编号，编号 C300~C555 将分配给中断计数器。为了使用中断计数器，必须通过主程序的 EI 指令来建立一个“允许中断”的状态。

- 1) 执行中断计数器和中断程序操作时，一个中断指针是不够的。
- 2) 如果当中断发生时，正在进行下列项目处理，计数的操作将被延迟到完成对这些项目的处理。在完成程序的执行以后，计数的处理过程才开始。即使在处理这些项目的过程中再次发生同样的中断，只有一次中断被计数。
 - 在顺控指令的执行期间；
 - 在中断程序的执行期间；
 - 在固定扫描执行型程序的执行期间。
- 3) 中断定时器的最大计数速度是由下列项目的最长处理时间来决定的。
 - 在程序所使用的指令中，处理时间最长的指令；



- 中断程序处理时间；
- 固定扫描执行型程序的处理时间。

12. 数据寄存器 D

数据寄存器是用于处理 CPU 模块中数字数据的软元件，数据寄存器一个点可以存储 16 位数据,范围从-32 768~32 767 或 0H~FFFFH；两个连续点，如 D0 和 D1，可以存储 32 位数据-2 147 483 648~2 147 483 647 或 0H~FFFFFFFFH。

13. 链接寄存器 W

链接寄存器 W 用于刷新 MELSECNET/H 网络模块和 CPU 模块的链接数据。

14. 链接特殊寄存器 SW

链接特殊寄存器用于存储 MELSECNET/H 网络模块的通信状态和故障内容。

15. 功能软元件 FX FY FD

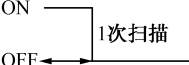

功能软元件是在带自变量的子程序中使用的软元件，由于各子程序调用源中使用的软元件可以由功能软元件的使用来确定，所以读者可以使用相同的子程序而不用考虑其他子程序调用源。

- 1) 功能输入 FX。用于把 ON/OFF 数据传递到子程序。
- 2) 功能输出 FY。用于把子程序的运行结果 ON/OFF 数据传递到子程序调用源。
- 3) 功能寄存器 FD。用于传送子程序调用源和子程序之间的数据。

16. 特殊继电器 SM


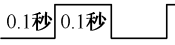
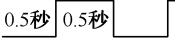
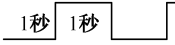
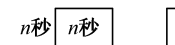
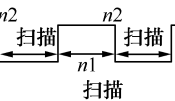
特殊继电器是存储 CPU 模块状态故障诊断系统信息等的继电器。特殊继电器 SM 是可编程序控制器内部已确定技术规范的内部继电器，因此在顺控程序中不可像通常内部继电器一样使用，但是根据需要可以利用特殊继电器的通/断对 CPU 模块进行控制，表 2-12 所示的是关于系统时钟的特殊继电器。

表 2-12 关于系统时钟的特殊继电器

编 号	名 称	内 容	详 细 内 容	设置侧（设置时期）
SM400	常闭	ON _____ OFF	常闭	S（状态结束）
SM401	常开	ON _____ OFF _____	常开	S（状态结束）
SM402	仅运行后 1 次扫描时接通	ON  OFF	仅运行后 1 次扫描时接通	S（状态结束）
SM403	仅运行后 1 次扫描时切断	ON  OFF	仅运行后 1 次扫描时切断	S（状态结束）



续表

编 号	名 称	内 容	详 细 内 容	设置侧（设置时期）
SM410	0.1 秒时钟		按指定时间反复通断 电源切断或复位时，重新开始 即使在程序执行途中，一旦到达指定时间，就会产生通-断的状态变化，请加以注意	S（状态结束）
SM411	0.2 秒时钟			
SM412	1 秒时钟			
SM413	2 秒时钟			
SM414	2n 秒时钟		依照 SD414 所指定的秒数反复通/断	S（状态结束）
SM420	0 号用户计时时钟		按一定间隔反复通/断 采用 DUTY 指令设置通/断的问题	S（状态结束）
SM421	1 号用户计时时钟			
SM422	2 号用户计时时钟			
SM423	3 号用户计时时钟			
SM424	4 号用户计时时钟			

17. 特殊寄存器 SD

特殊寄存器是存储 CPU 模块的状态、故障诊断、系统信息等的寄存器。特殊继电器 SD 是可编程控制器内部已确定技术规范的内部寄存器，因此在顺控程序中不可和通常的内部寄存器一样使用，但是根据需要可以利用特殊继电器的通/断对 CPU 模块进行控制，特殊寄存器中存储的数据只要没有特别指定就以 BIN 值的形式存储。

例如：SD203 存储 CPU 动作状态，SD210 存储公历月，SD211 存储日时，SD212 存储分秒，SD213 存储公历高位星期几，关于系统计数器特殊寄存器见表 2-13。

表 2-13 关于系统计数器特殊寄存器

编 号	名 称	内 容	详 细 内 容	设置侧（设置时期）
SD412	1 秒计数器	1 秒单位的计数器	<ul style="list-style-type: none">● 可编程控制器 CPU 运行后，每秒+1● 计数器反复 0→32 767→-32 768→0	S（状态变化）
SD414	2n 秒计数器	2n 秒时钟的单位	<ul style="list-style-type: none">● 存储 2n 秒时钟的 n（默认值为 30）● 可以在 1~32 767 的范围内设置	U
SD420	扫描计数器	每次扫描的计数值	<ul style="list-style-type: none">● 可编程控制器 CPU 运行后，每秒+1● 计数后反复 0→32 767→-32 768→0	S（每次结束）

18. 链接直接软元件 J

链接直接软元件是指定直接访问 MELSECNET/H 网络系统网络模块中的链接软元件的方式，链接直接软元件只可以访问一个具有单个网络编号的网络模块，当多个网络模块装载有相同的网络编号时具有最低的第一个 I/O 地址的网络模块是访问的目标。

19. 智能功能模块软元件 U/G

智能功能模块软元件是指定从 CPU 模块直接访问装载在主基板或扩展基板中智能功能



模块的缓冲存储器的方式，MELSECNET/H 网络系统的远程 I/O 站中装载的智能功能模块不是访问的目标。

20. 变址寄存器 Z

变址寄存器用于顺控程序中使用软元件的变址修饰间接指定的软元件，变址修饰使用变址寄存器一个点指定 16 位数据-32 768~32 767 或 0H~FFFFH。使用方法如图 2-23 所示。

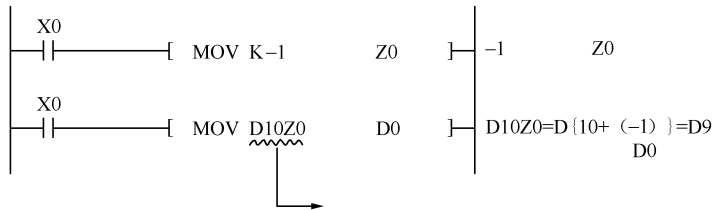


图 2-23 变址寄存器

21. 文件寄存器 R

文件寄存器是用于数据存储和数据寄存器扩展的软元件，文件寄存器可以按块变换指定或连续地址指定。

22. 嵌套 N

嵌套是在主控 MC MCR 指令中使用的软元件。

23. 指针

指针是分支指令中使用的软元件。可用 4096 点，指针用于下列用途：

- 1) 跳转指令 CJ SCJ JMP 的跳转目标的指定。
- 2) 子程序调用指令 CALL CALLP 的调用目标。指定指针可分为本地指针和公共指针。本地指针用于各个程序的跳转和子程序的调用，只可以从记述指针的程序文件的程序中进行调用。公共指针用在有多个程序中子程序的调用。公共指针不能与 CJ 指令一起用。
- 3) 中断指针是用做中断程序开始时标贴的软元件，并且在所有程序中可以使用 256 点，I0~I255，不能使用相同中断指针。

24. SFC 块软元件

SFC 块软元件 BL 用于检查 SFC 程序的指定块是否激活。SFC 转变软元件 TR 用于检查 SFC 程序的指定转换条件是否指定为强制转变。

25. 宏指令自变量软元件 VD

宏指令自变量软元件是用于宏注册的软元件。

26. 常数

十进制常数就是顺控程序中指定十进制数的软元件，如 K1234，在基本型 QCPU 内部以二进制数 BIN 形式存储。



十进制常数的设置范围如下：使用字数据 16 位时 K-32 768~K32 767，使用双字数据 32 位时 K-2 147 483 648~K2 147 483 647。

十六进制常数就是顺控程序中指定十六进制数或 BCD 数据的软元件，采用 BCD 码指定数据时用 0~9 指定十六进制数的各个数据位，采用 H 形式。例如，H1234。

十六进制常数的设置范围如下：使用字数据 16 位时为 H0~HFFFF，BCD 数据时为 H0~H9999，使用双字数据 32 位时为 H0~HFFFFFFF，BCD 数据时为 H0~H99999999。

字符串常数就是顺控程序中指定字符串的软元件，例如 ABCD1234。

27. 全局软元件和本地软元件

全局软元件是指当有多个程序存在时可以由所有程序共享的软元件，通常未进行本地软元件分配的范围和不能进行本地软元件分配的软元件全部都是全局软元件，并且可以从任何程序使用它们。

本地软元件可以用在多个程序的每一个中作排他性使用，并且特定程序中使用的本地软元件，不能从其他程序访问。因此使用本地软元件能够让你进行编程而不用考虑其他程序。

可用做本地软元件的软元件有内部继电器 M、边沿继电器 V、定时器 T、ST，以及计数器 C 和数据寄存器 D。

2.7 GX Developer 软件包使用

1. GX Developer 功能

GX Developer 是具有下列功能的软件包。

- 1) 制作程序。
- 2) 对可编程控制器 CPU 的写入/读出。
- 3) 监视功能

监视功能包括回路监视、软元件同时监视、软元件登录监视功能。

4) 调试

把制作好的程序写入可编程控制器的 CPU 内，测试此程序能否正常运转。

5) PC 诊断

错误状态是以故障履历表的形式表示出来的，可以在短时间内恢复作业。此外，由于系统监视（仅 QCPU（Q 模式））能够知道错误状态的详细情况，发生错误时就能够用更短的时间恢复作业。

2. GX Developer 的特征

(1) 软件的通用化

GX Developer 能够制作 Q 系列、QnA 系列、A 系列（包括运动控制（SCPU））的数据，能够转换成 GPPQ、GPPA 格式的文档。此外，选择 FX 系列情况下，还能变换成 FXGP(DOS)、FXGP(WIN) 格式的文档。



(2) 能够将 Excel、Word 等做成的说明数据进行复制、粘贴，并有效利用。

(3) 程序的标准化

1) 标号编程。用标号编程就不需要认识软元件的号码，而能够根据标示制作成标准程序。

2) 功能块（以下称做 FB）。FB 是以提高顺序程序的开发效率为目的而开发的一种功能。反复使用的顺序程序块零件化，使得顺序程序的开发变得容易。此外，零件化后，能够防止输入错误。

3) 宏。只要在任意回路模式上加上名字（宏定义名）登录，然后输入简单的命令，就能够读出登录过的回路模式。

(4) 能够简单设定和其他站点的链接

由于连接对象采用图形化的形式，即使复杂的系统也能通过简单的设定来组态。

(5) 能够用各种方法和可编程控制器 CPU 连接

1) 经由串行通信口；

2) 经由 USB；

3) 经由 MELSECNET/10（H）计算机插板；

4) 经由 MELSECNET（II）计算机插板；

5) 经由 CC-Link 计算机插板；

6) 经由 Ethernet 计算机插板；

7) 经由 CPU 计算机插板；

8) 经由 AF 计算机插板。

(6) 丰富的调试功能

1) 由于运用了梯形图逻辑测试功能，能够更加简单地进行调试作业，没有必要再和可编程控制器连接。

2) 在帮助中有 CPU 错误、特殊继电器/特殊寄存器的说明。

3) 数据制作中发生错误情况时，会显示是什么原因或是显示消息。

3. GPP 基本操作（入门，编写梯形图）

(1) 单击“程序”→“MELSOFT 应用程序”→“GX DEVELOPER”菜单。打开 GPP，如图 2-24 所示。



图 2-24 打开 GPP

(2) 单击“工程”→“创建新工程”菜单，选择 PLC 类型和编程方式，如图 2-25 所示。

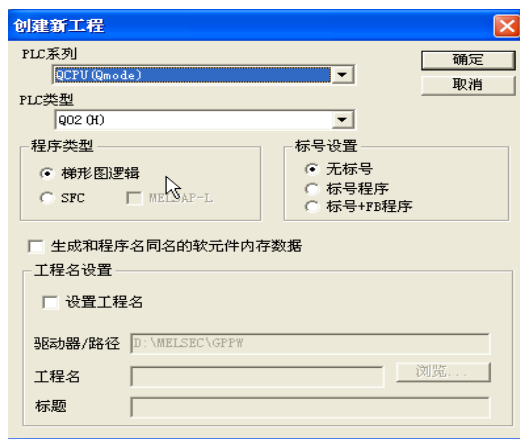


图 2-25 选择 PLC 类型和编程方式

(3) 在工程数据列中单击“软元件注释”，输入软元件注释。如图 2-26 和图 2-27 所示。

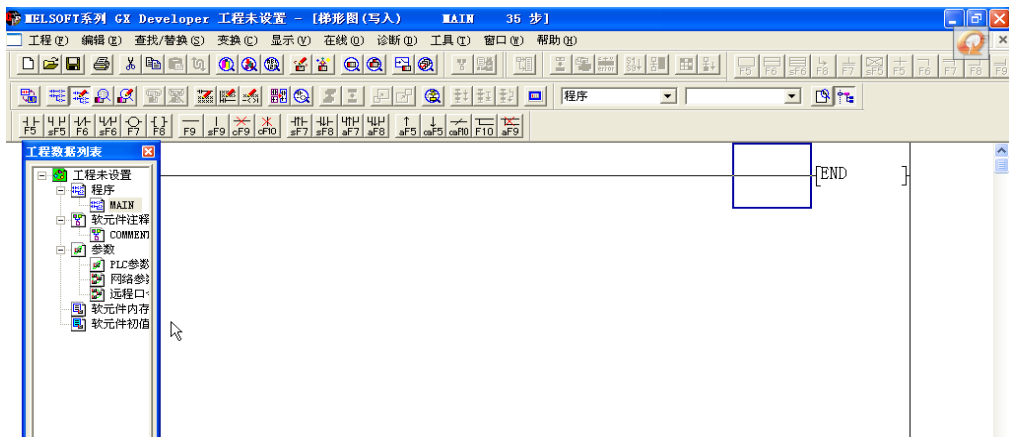


图 2-26 打开软元件注释

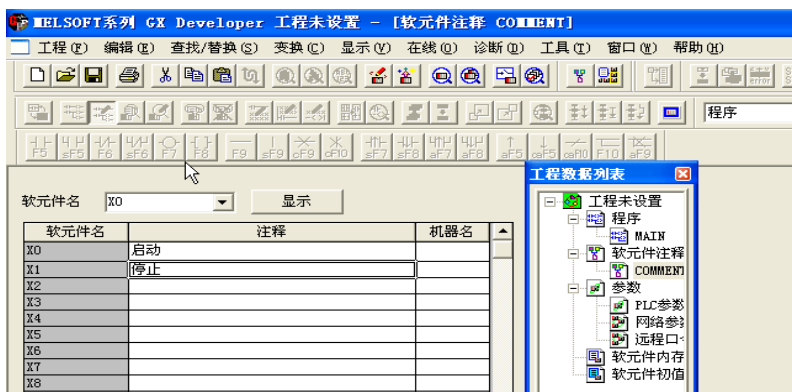


图 2-27 输入软元件注释

(4) 在工程数据列中单击“MAIN”，输入梯形图。如图 2-28 和图 2-29 所示。

(5) 输入梯形图后，按 F4 转换，单击“显示”→“显示注释”菜单，如图 2-30 所示。

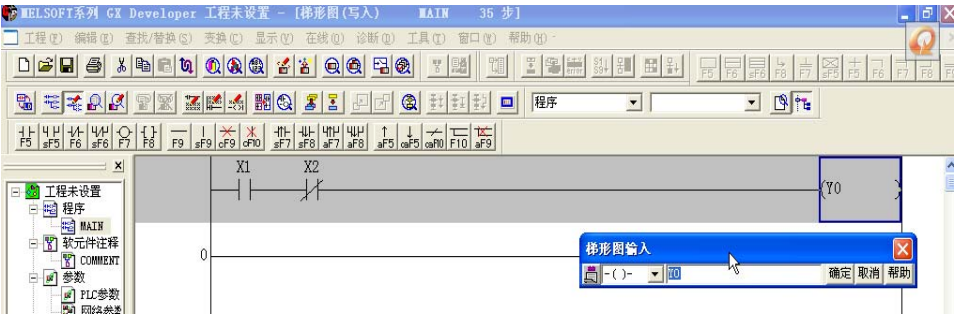


图 2-28 输入梯形图指令

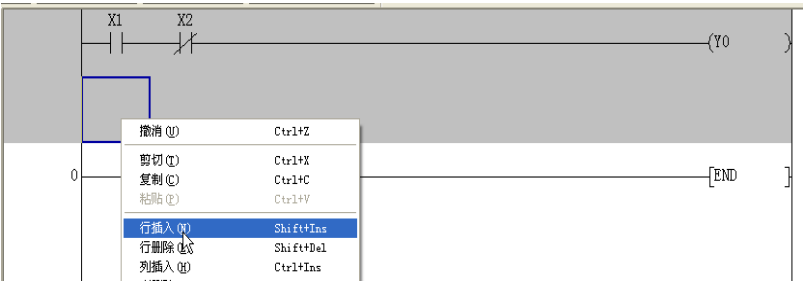


图 2-29 梯形图行插入

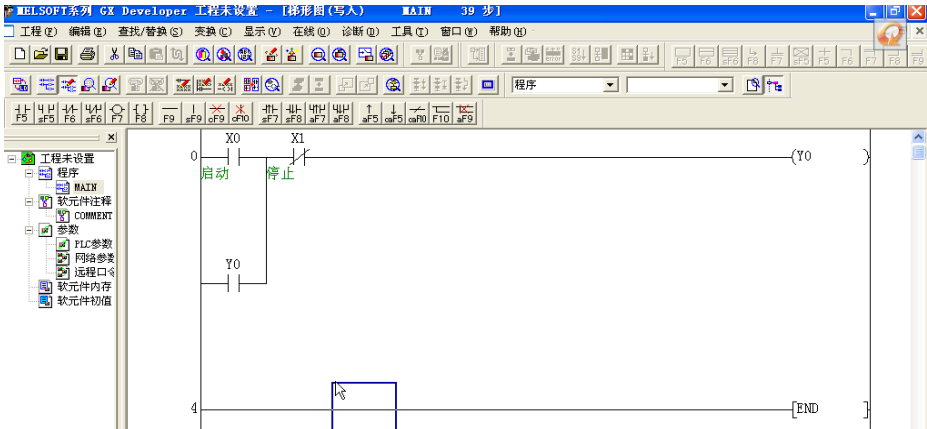


图 2-30 显示注释

(6) 单击“工具”→“梯形图逻辑测试启动”菜单（需安装 GX Simulator），如图 2-31 所示。



图 2-31 梯形图逻辑测试



(7) 单击“菜单启动”→“继电器监视”，如图 2-32 所示。单击“软元件”→“X”，双击 X0 强制为 1，再次双击 X0 强制为 0，测试程序。可以从“软元件”→“Y”看动作情况，也可以从梯形图监视看动作情况。如图 2-33 所示。

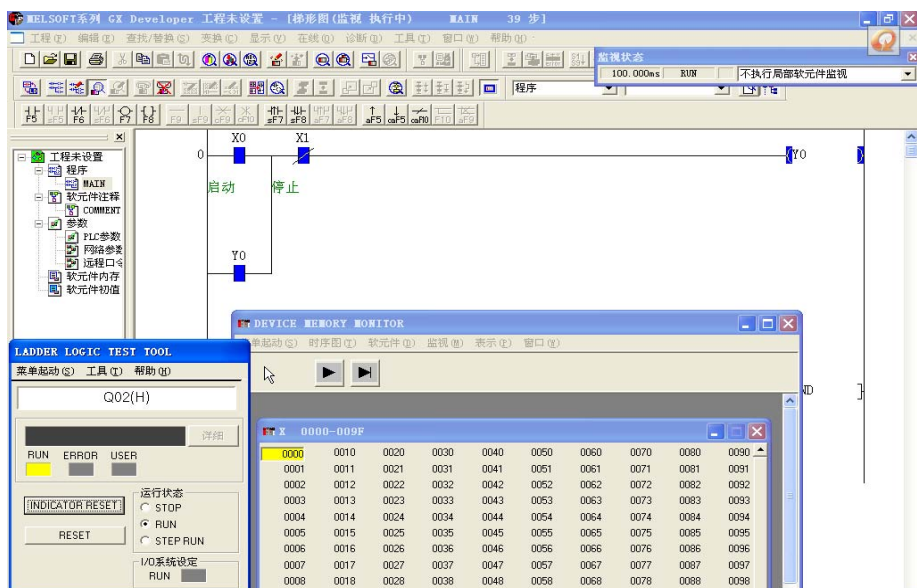


图 2-32 继电器监视

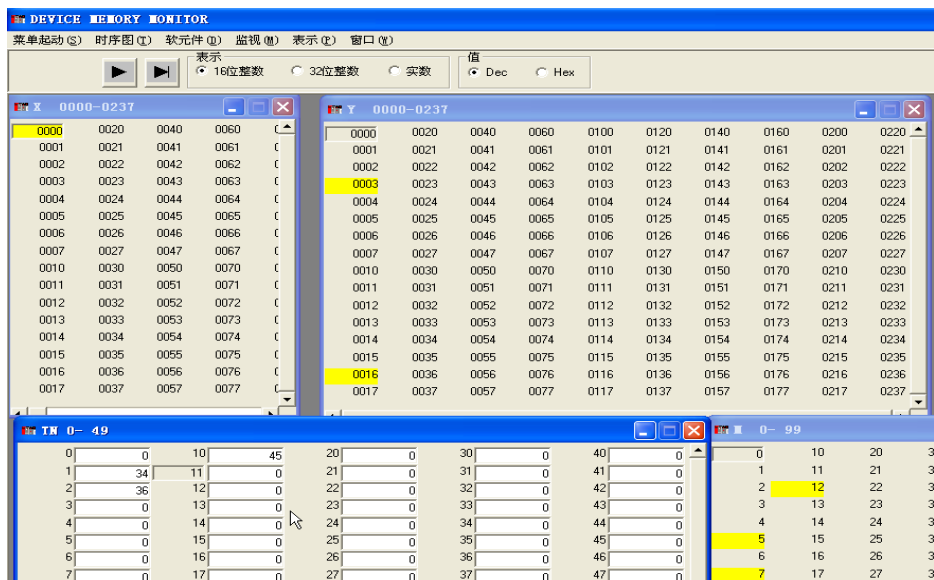


图 2-33 测试程序

第 3 章 三菱可编程控制器编程软件

3.1 FXGPWIN 编程软件应用

3.1.1 概述

FXGPWIN 编程软件对三菱 FX0S, FX0N, FX2 和 FX2N 系列可编程控制器进行编程, 以及监控可编程控制器中各软元件的实时状态。

1. 进入 FXGPWIN 的编程环境

将存有 MELSEC-F/FX 系统编程软件的软盘插入软驱, 在 WINDOWS 下启动安装程序, 进入 MELSEC-F/FX 系统, 选择 FXGP-WIN-C 文件双击鼠标左键, 出现图 3-1 界面即可进入编程。

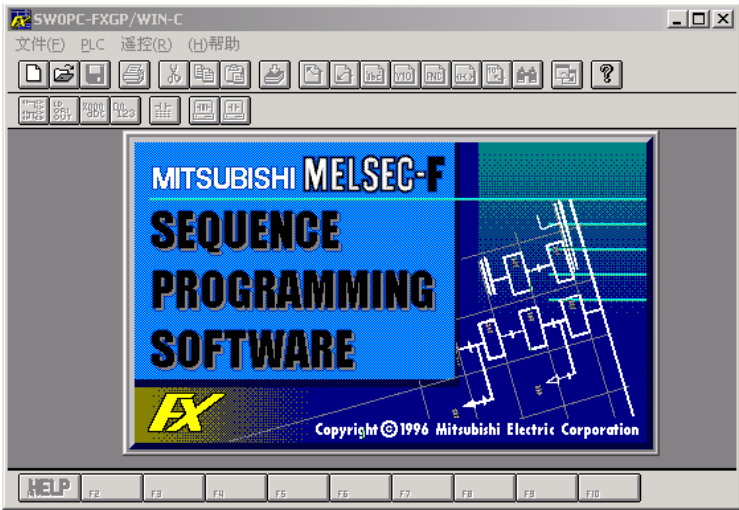


图 3-1 FXGPWIN 编程环境界面

2. 可编程控制器程序下载

可编程控制器程序下载的方法是: 首先使用编程通信转换接口电缆 SC-09 连接好计算机的 RS-232C 接口和 PLC 的 RS-422 编程器接口, 然后打开 FXGPWIN 软件中的“PLC”菜单, 即为图 3-2 所示界面。

图 3-2 界面出现后, 再打开 PLC 菜单下的“端口设置”子菜单, 如图 3-3 所示, 选择正确的串行口后再单击“确认”按钮。



图 3-2 下载程序界面



图 3-3 “端口设置”界面

选择好串行口后，打开图 3-2 “PLC” 菜单下的” 程序读入” 子菜单，即可进入如图 3-4 所示的界面。正确选择可编程控制器类型，单击“确认” 按钮后等待几分钟，可编程控制器中的程序即下载到计算机的 FXGPWIN 文件夹中。程序下载后界面如图 3-5 所示。

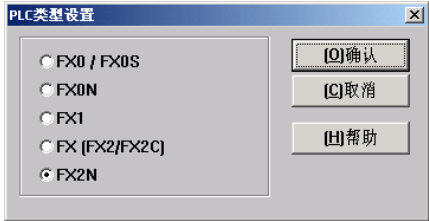


图 3-4 PLC 类型选择界面

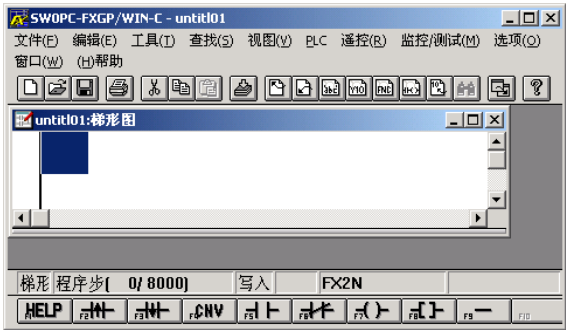


图 3-5 PLC 程序下载后界面

3. PLC 程序的打开

首先打开“文件” 菜单下的“打开” 子菜单，界面如图 3-6 所示。选择正确的文件后，单击“确定” 按钮，就可打开文件。

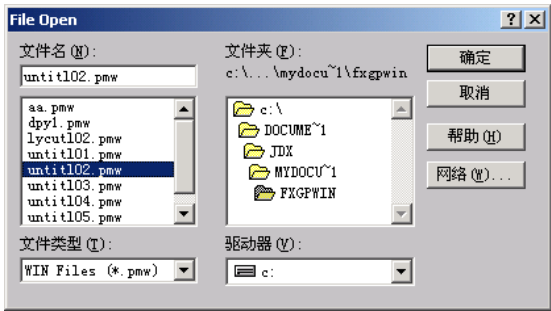


图 3-6 文件打开界面

4. 编制新的程序

如图 3-7 所示，打开“文件” 菜单下的“新文件” 子菜单，出现图 3-8 所示界面，然后选择 PLC 型号，就可进入程序编制环境。



图 3-7 打开新文件界面

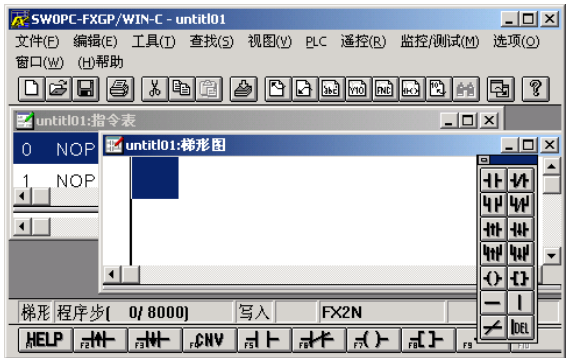



图 3-8 编制程序界面

5. 设置页面和打印

打开“文件”菜单下的“页面设置”子菜单即可进行编程页面设置。打开“文件”菜单下的“打印机设置”子菜单，即可进行打印设置。

6. 退出主程序

打开“文件”菜单下的“退出”子菜单或单击右上角的  按钮，即可退出主程序。

7. 帮助文件的使用

打开“帮助”菜单下的“索引”子菜单，寻找所需帮助的目录名，如图 3-9 所示，双击目录名即可进入帮助文件的内容。“帮助”菜单下的“如何使用帮助”告诉你如何使用此帮助文件。

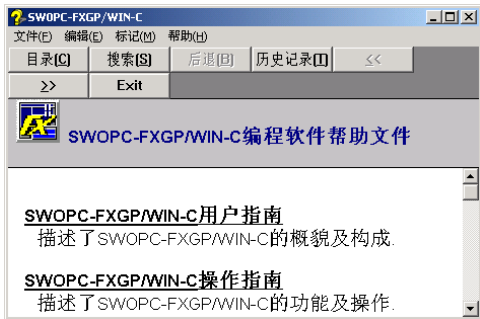


图 3-9 帮助文件界面



3.1.2 程序编制

1. 编制语言的选择

FXGPWIN 软件提供了三种编程语言，分别是梯形图、语句表和功能逻辑图（SFC）。打开“视图”菜单，如图 3-10 所示。选择对应的编程语言。

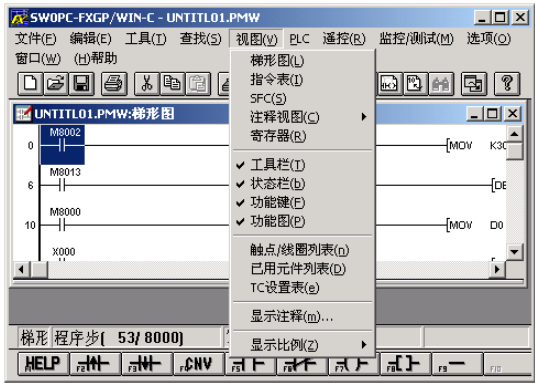


图 3-10 编制语言选择界面

2. 采用梯形图编写程序

(1) 按以上步骤选择梯形图编程语言。选择“视图”菜单下的“工具栏”，“状态栏”，“功能键”和“功能图”子菜单，如图 3-11 所示。



(a) 工具栏



(b) 状态栏



(c) 功能键



(d) 功能图

图 3-11 “视图”菜单界面

(2) 梯形图中对软元件的选择既可通过以上“功能键”和“功能图”子菜单完成，也可



用“工具”菜单完成。“工具”菜单如图 3-12 所示。菜单下的“触点”子菜单提供对输入各元件的选用，“线圈”和“功能”子菜单提供对各输出继电器、中间继电器、时间继电器和计数器等软元件的选用。“连线”子菜单除了用于梯形图中各连线外，还可以通过“Del”键删除连接线。“全部清除”子菜单用于清除所有编程内容。

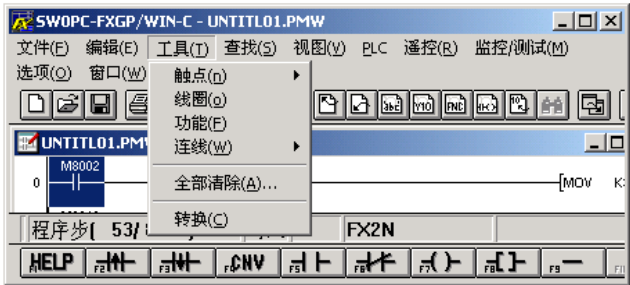


图 3-12 “工具”菜单界面

(3) “编辑”菜单的使用

“编辑”菜单含有如图 3-13 所示的内容。“剪切”、“撤消键入”、“粘贴”、“复制”和“删除”子菜单操作和普通软件一样，这里不作介绍。其余各子菜单是对各连接线、软元件等的操作。



图 3-13 “编辑”菜单界面

(4) 编程语言的转换

当梯形图程序编写好后，通过视图菜单下梯形图、指令表和 SFC（功能逻辑图）子菜单进行三种编程语言的转换。

3.1.3 程序检查

单击“选项”菜单下的“程序检查”子菜单，进入了程序检查环境，如图 3-14 所示。程序检查有三个单项选：“语法错误检查”检查软元件号有无错误；“双线圈检验”检查输出软元件；“电路错误检查”检查各回路有无错误。都可以通过图 3-14 下面的显示窗口显示有无错误信息。

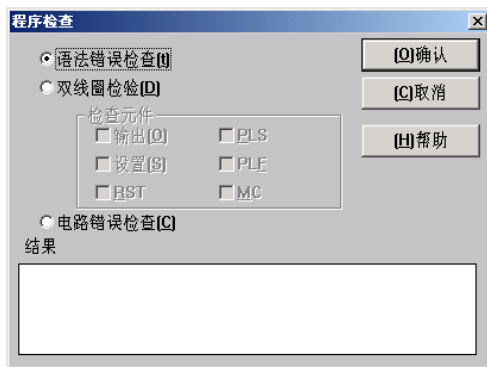


图 3-14 “程序检查”界面

3.1.4 程序传送

程序的传送操作通过“PLC”菜单的“传送”子菜单，如图 3-15 所示。“传送”子菜单有三项内容：“读入”、“写出”和“核对”。程序的读入指的是把 PLC 的程序读入到计算机的 FXGPWIN 程序操作环境中；程序的写出指的是把已经编写好的程序写入到 PLC 中。当编写的程序有错误时，写出的过程中 CPU-E 指示灯将闪烁。当要读入 PLC 程序时，正确选择好串行口和连接好编程电缆后，单击“读入”键即可。当要把程序写出到 PLC 中时，单击“写出”键即可。写完程序后“核对”键将起作用，用于确认要写出的程序和 PLC 的程序是否一致。

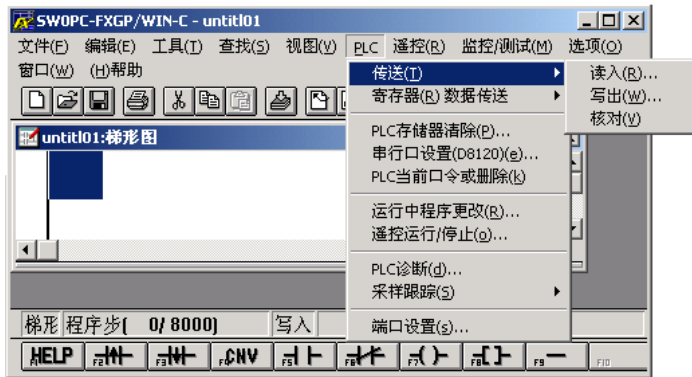


图 3-15 “程序传送”界面

3.1.5 软元件的监控和强制执行

在 FXGPWIN 操作环境中，可以监控各软元件的状态和强制执行输出等功能。这些功能主要在“监控/测试”菜单中完成，其界面如图 3-16 所示。

1. 可编程控制器的强制运行和强制停止

打开 FXGPWIN 软件中“PLC”菜单下的“遥控运行/停止”子菜单，出现子菜单界面如图 3-17 所示。选择“运行”单选框后，单击“确认”按钮，可编程控制器被强制运行。



选择“中止”单选框后，单击“确认”按钮，可编程控制器被强制停止。



图 3-16 “监控/测试”菜单界面

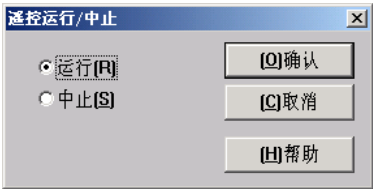


图 3-17 “运行/中止”菜单界面

2. 软元件监控

软元件的状态、数据可以在 FXGPWIN 编程环境中监控起来。例如，Y 软元件工作在“ON”状态，则在监控环境中以绿色高亮方框且闪烁表示；若工作在“OFF”状态，则无任何显示。数据寄存器 D 中的数据也可在监控环境中表示出来，可以带正负号。

打开图 3-16 中“监控/测试”菜单下的“进入元件监控”子菜单，选择好所要监控的软元件，即可进入如图 3-18 所示的监控软元件。若计算机没有和可编程控制器通信，则无法反映监控元件的状态，显示通信错误。

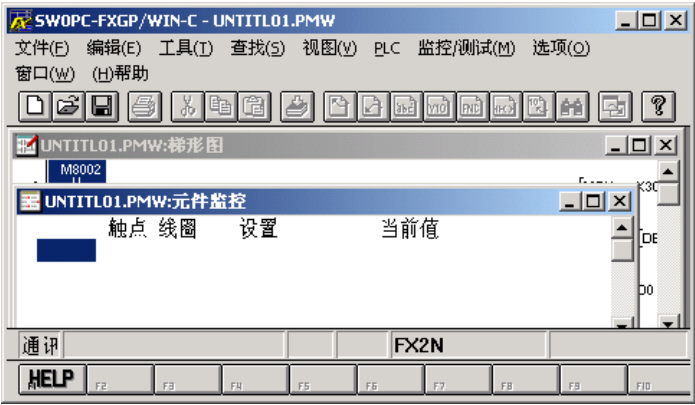


图 3-18 监控软元件功能界面

3. Y 输出软元件强制执行

为了调试、维修设备等方便，FXGPWIN 程序还提供了强制执行 Y 输出状态的功能。打开图 3-16 中“监控/测试”菜单下的“强制 Y 输出”子菜单，即可进入图 3-19 所示的监控环境。

选择好 Y 软元件，就可对其强制执行，并在左下角方框中显示其状态，可编程控制器对应的 Y 软元件灯将根据选择状态亮或灭。



4. 其他软元件的强制执行

各输入软元件的状态也可通过 FXGPWIN 程序设定, 打开图 3-16 中“监控/测试”菜单下的“强制 ON/OFF”子菜单, 即可进入此强制执行环境设定软元件的工作状态。

选择 X2 软元件, 并置 SET 状态, 单击“确认”按钮, 可编程控制器的 X2 软元件指示灯将亮。如图 3-20 所示。

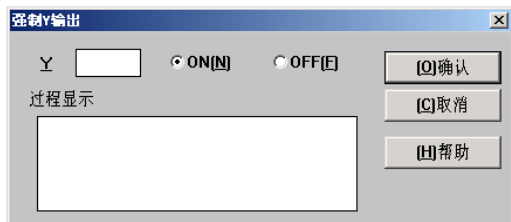


图 3-19 “强制执行 Y 输出”界面

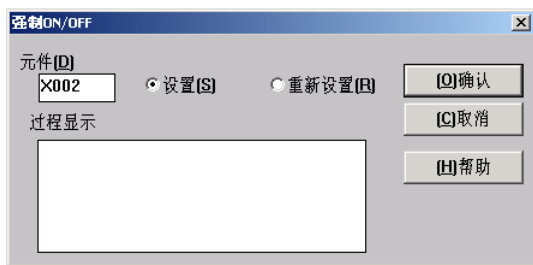


图 3-20 “输入元件置位”界面

3.1.6 其他菜单及目录的使用

1. 可编程控制器数据寄存器的读出和写入

在“PLC”菜单下的“寄存器数据传送”子菜单有三项内容:“读入”、“写出”和“核对”, 如图 3-21 所示。单击“读入”键, 即可从可编程控制器中读出数据寄存器的内容。单击“写出”键, 即可将程序中相应的数据寄存器内容写入可编程控制器中。“核对”键用来确认内容是否一致。



图 3-21 “寄存器数据传送”界面

2. “选项”菜单的使用

“选项”菜单的内容如图 3-22 所示。

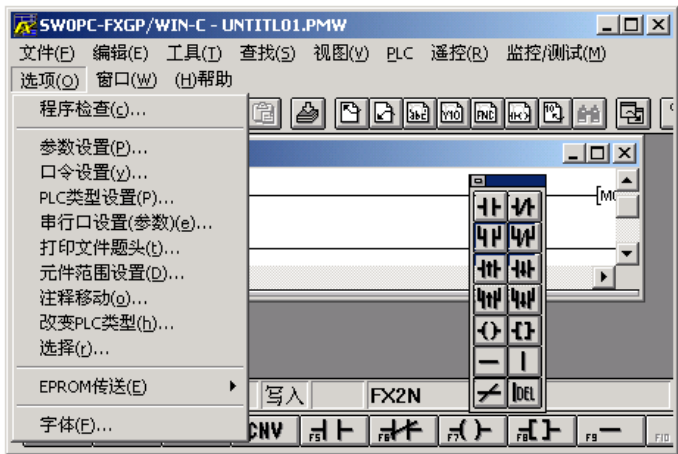


图 3-22 “选项”菜单界面

1) 可编程控制器 EPROM 的处理

打开“EPROM 传送”子菜单有三项内容：“读入”、“写出”和“核对”。单击“读入”键，即可从可编程控制器读出 EPROM 的内容。单击“写出”键，即可将编写的程序写入可编程控制器中。“核对”键用于验证编写的程序和 EPROM 中的内容是否一致。

2) 单击“选项”菜单下的“字体”子菜单，即可设置字体式样、大小等有关内容，如图 3-23 所示。

3) “窗口”菜单的使用

双击“窗口”菜单下的“视图顺排”子菜单，就可层铺编程环境。双击“窗口水平排列”子菜单，就可水平铺设编程环境。双击“窗口垂直排列”子菜单，就可垂直铺设编程环境。

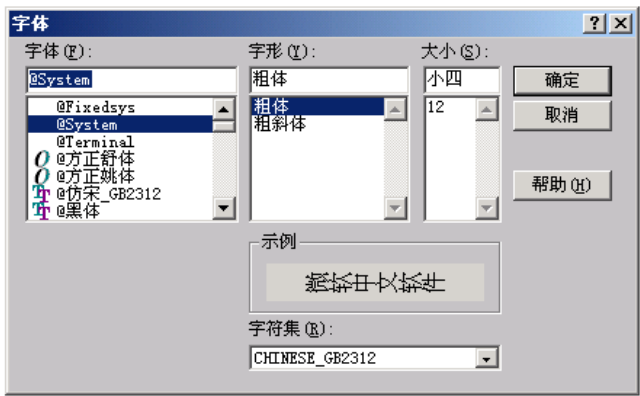


图 3-23 字体式样、大小设置界面

3.2 GPP 软件简介

1. 基本概况

GX+Developer8.52-C 是三菱电气公司开发的用于可编程控制器的编程软件，可在



Windows XP 及 Windows2000 下运行,适用于 IBM PC/AT(兼容),其 CPU 为 i486SX 或更高,内存需 8MB 或更高(推荐 16MB 以上)。该程序在串行系统中与可编程控制器进行通信、文件传送、操作监控,以及各种测试功能。

在 GPP 软件中,读者可通过线路符号、助记符来创建顺控指令程序,建立注释数据及设置寄存器数据,并可将其存储为文件,用打印机打印。

在 PLC 与 PC 之间必须有接口单元及缆线。

2. 用 GPP 编写梯形图

GPP 软件使用起来灵活、简单、方便,我们把它安装在程序中,使用时只要进入程序,选中 MELSEC Applications,在 WINDOWS 下运行 GPP,打开工程,选中新建,出现如图 3-24 所示界面,先在 PLC 系列中选出你所使用的可编程控制器的 CPU 系列,如在我们的实验中,选用的是 FX 系列,所以选 FXCPU,PLC 类型是指所选机器的型号,我们实验用 FX2N 系列,所以选中 FX2N(C),确定后出现如图 3-25 所示界面,在界面上我们清楚地看到,最左边是根母线,深框表示现在可写入区域,上方有菜单,你只要任意单击其中的元件,就可得到你所要的线圈、触点等。

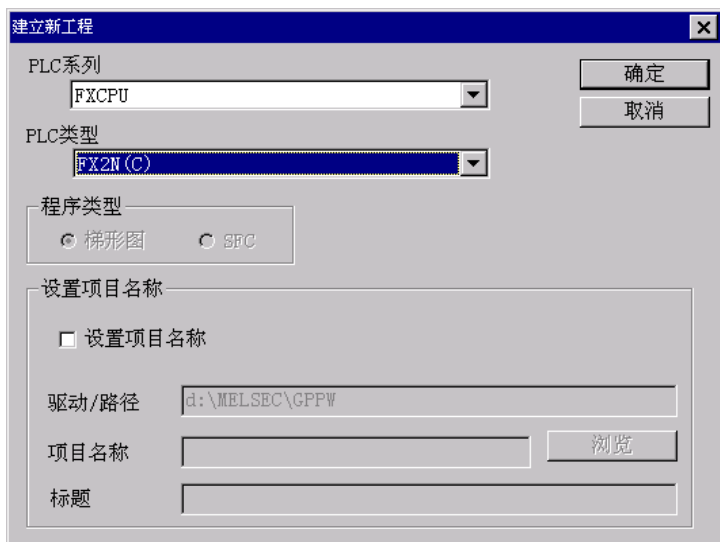



图 3-24 新建界面

如要在某处输入 X000,只要把深色光标移动到所需要写的地方,然后在菜单上选中  触点,出现如图 3-26 所示界面:

再输入 X000,即可完成写入 X000。

如要输入一个定时器,先选中线圈,再输入一些数据,数据的输入标准在第 3 章中已提过,图 3-27 显示了其操作过程。

对于计数器,因为它有时要用到两个输入端,所以在操作上既要输入线圈部分,又要输入复位部分,其操作过程如图 3-28 和图 3-29 所示。

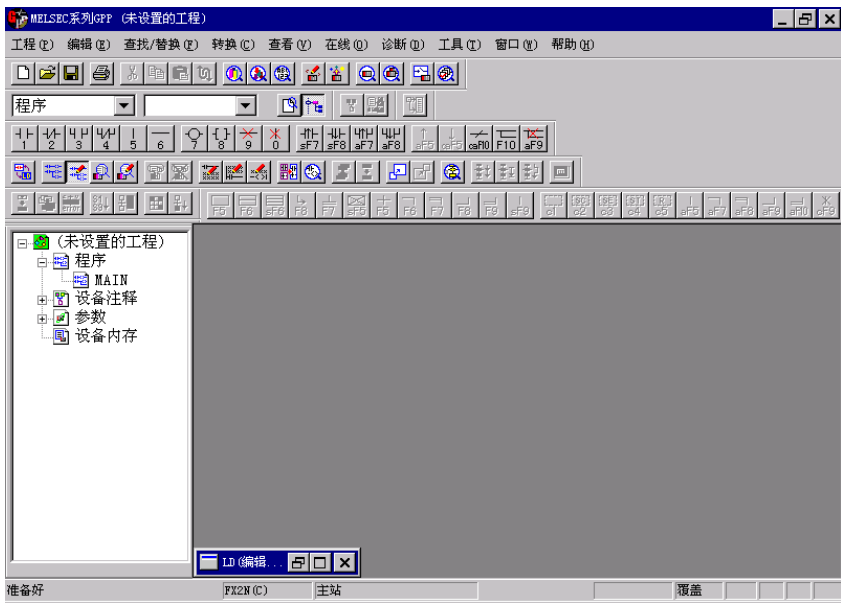


图 3-25 GPP 软件界面



图 3-26 输入 X000



图 3-27 输入定时器



图 3-28 输入计数器

注意：在图 3-28 中的箭头所示部分，它选中的是应用指令，而不是线圈。



图 3-29 选中计数器应用指令

如果需要画梯形图中的其他线、输出触点、定时器、计时器、辅助继电器等，在菜单上都能方便地找到，再输入元件编号即可。在图 3-25 的上方还有其他一些功能菜单，如果把光标指向菜单上的某处，在屏幕的左下角就会显示其功能，或者打开菜单上的“帮助”，可找到一些快捷键列表、特殊继电器/寄存器等信息。



3. 传输、调试

当写完梯形图，最后写上 END 语句后，必须进行程序转换，转换功能键有两种，在图 3-30 的箭头所示位置。



图 3-30 程序转换

在程序的转换过程中，如果程序有错，它会显示，也可通过菜单“工具”查询程序的正确性。

只有当梯形图转换完毕后，才能进行程序的传送，传送前，必须将 FX2N 面板上的开关拨向 STOP 状态，再打开“在线”菜单，进行传送设置，如图 3-31 所示。

根据图 3-31，确定 PLC 与计算机的连接是通过 COM1 口还是 COM2 口连接，然后进行设置选择。

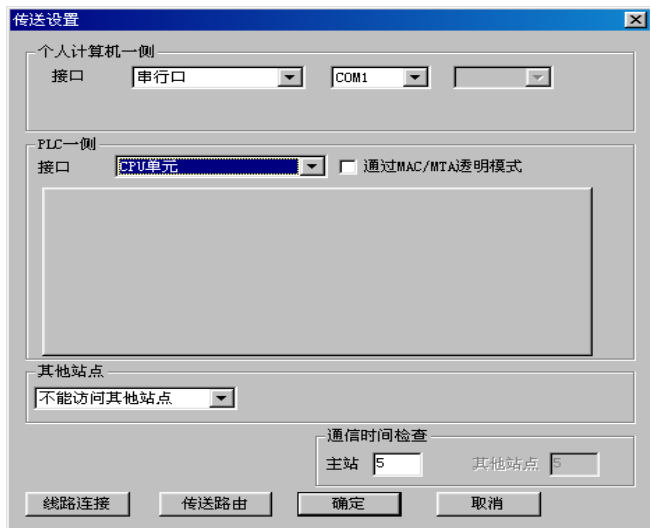


图 3-31 传送设置

写完梯形图后，在菜单上还是选择“在线”，选中“写入 PLC (W)”，就出现如图 3-32 所示界面。

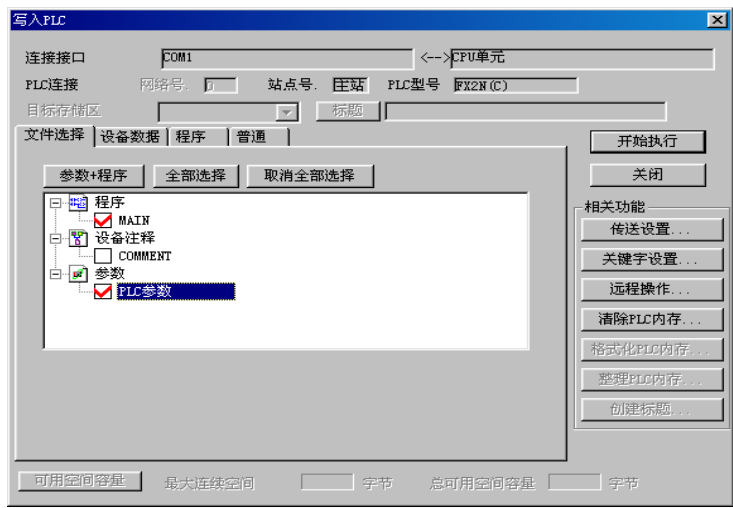


图 3-32 写入 PLC

从图 3-32 可以看出，在执行读取及写入前必须先选中 MAIN、PLC 参数，否则，不能执行对程序的读取、写入，然后单击“开始执行”。

第 4 章 西门子可编程控制器及指令系统

4.1 SIMATIC 综述

德国西门子（SIEMENS）公司生产的可编程控制器在我国的应用相当广泛，在冶金、化工、印刷生产线等领域都有应用。西门子可编程控制器产品包括 SIMATIC S7 系列、SIMATIC M7 系列、SIMATIC C7 系列，以及基于计算机的 WinAC。

SIMATIC S7 可编程控制器系列产品包括微型 PLC(S7-200)系列、较低性能系列(S7-300)和中/高性能系列(S7-400)、HMI 人机界面、工业软件等。S7-300/400 PLC 可以组成 MPI、PROFIBUS 和工业以太网等。

SIMATIC M7-300/400 PLC 采用与 S7-300/400 PLC 相同的结构，它可以作为 CPU 或功能模块使用。具有 AT 兼容计算机的功能，可以用 C、C++或 CFC 等语言来编程。

一个 SIMATIC C7 的完整系统是由一个 PLC(S7-300)、一个 HMI 操作面板和过程监视系统组成的。将 PLC 与操作面板集成在一起可使整个控制设备体积更小、价格更优。WinAC 是一个基于计算机的解决方案，它用于各种控制任务（控制、显示、数据处理）都由计算机完成的场合。

1. SIMATIC S7-200 PLC

S7-200 PLC 是超小型化的 PLC，它适用于各个行业，各种场合中的自动检测、监测及控制等。S7-200 PLC 的强大功能使其无论单机运行或连成网络，都能实现复杂的控制功能。

S7-200 PLC 可提供 4 个不同的基本型号与 8 种 CPU 供选择使用。

2. SIMATIC S7-300 PLC

S7-300 PLC 是模块化小型 PLC 系统，能满足中等性能要求的应用。各种单独的模块之间可进行广泛组合，构成不同要求的系统。与 S7-200 PLC 比较，S7-300 PLC 采用模块化结构，具备高速（ $0.6\sim 0.1\mu\text{s}$ ）的指令运算速度；用浮点数运算比较有效地实现了更为复杂的算术运算；一个带标准用户接口的软件工具方便用户给所有模块进行参数赋值；方便的人机界面服务已经集成在 S7-300 操作系统内，人机对话的编程要求大大减少。SIMATIC 人机界面（HMI）从 S7-300 中取得数据，S7-300 按用户指定的刷新速度传送这些数据。S7-300 操作系统自动地处理数据的传送；CPU 智能化的诊断系统连续监控系统的功能是否正常记录错误和特殊系统事件（例如：超时，模块更换，等等）；多级口令保护可以使用户高度有效地保护其技术机密，防止未经允许的复制和修改；S7-300 PLC 设有操作方式选择开关，操作方式选择开关像钥匙一样可以拔出，当钥匙拔出时，就不能改变操作方式，这样就防止非法删除或改写用户程序。S7-300 PLC 具备强大的通信功能，可通过编程软件 Step 7 的用户界面提供通信组态功能，这使得组态非常容易、简单。S7-300 PLC 具有多种不同的通信接口，并通过多种通信处理器来连接 AS-I 总线接口和工业以太网总线系统；串行通信处理器用来连接点到点



的通信系统；多点接口（MPI）集成在 CPU 中，用于同时连接编程器、PC、人机界面系统及其他 SIMATIC S7/M7/C7 等自动化控制系统。

3. SIMATIC S7-400 PLC

S7-400 PLC 是用于中、高档性能范围的可编程控制器。

S7-400 PLC 采用模块化无风扇的设计，可靠耐用，同时可以选用多种级别（功能逐步升级）的 CPU，并配有多种通用功能的模板，这使用户能根据需要组成不同的专用系统。当控制系统规模扩大或升级时，只要适当地增加一些模板，便能使系统升级。

4. 工业通信网络

通信网络是自动化系统的支柱，西门子的全集成自动化网络平台提供了从控制级一直到现场级的一致性通信，“SIMATIC NET”是全部网络系列产品的总称，他们能在工厂的不同部门，在不同的自动化站通过不同的级交换数据，有标准的接口并且相互之间完全兼容。

5. 人机界面（HMI）硬件

HMI 硬件配合 PLC 使用，为用户提供数据、图形和事件显示，主要有文本操作面板 TD200（可显示中文）、OP3、OP7、OP17 等，图形/文本操作面板 OP27、OP37 等，触摸屏操作面板 TP7、TP27/37、TP170A/B 等，SIMATIC 面板型 PC670 等。个人计算机（PC）也可以作为 HMI 硬件使用。HMI 硬件需要经过软件（如 ProTool）组态才能配合 PLC 使用。

6. SIMATIC S7 工业软件

西门子的工业软件分为三个不同的种类：

（1）编程和工程工具 编程和工程工具包括所有基于 PLC 或 PC 的、用于编程、组态、模拟和维护等控制所需的工具。STEP 7 标准软件包 SIMATIC S7 是用于 S7-300/400 PLC、C7 PLC 和 SIMATIC WinAC，基于 PC 控制产品的组态编程和维护的项目管理工具，STEP 7-Micro/WIN 是在 Windows 平台上运行的 S7-200 系列 PLC 的编程在线仿真软件。

（2）基于 PC 的控制软件 基于 PC 的控制系统 WinAC 允许使用个人计算机作为可编程控制器（PLC）运行用户的程序，运行在安装了 Windows NT4.0 操作系统的 SIMATIC 工控机或其他任何商用机。WinAC 提供两种 PLC，一种是软件 PLC，在用户计算机上作为视窗任务运行。另一种是插槽 PLC（在用户计算机上安装一个 PC 卡），它具有硬件 PLC 的全部功能。WinAC 与 SIMATIC S7 系列处理器完全兼容，其编程采用统一的 SIMATIC 编程工具（如 STEP 7），编制的程序既可运行在 WinAC 上，也可运行在 S7 系列处理器上。

（3）人机界面软件 人机界面软件为用户自动化项目提供人机界面（HMI）或 SCADA 系统，支持大范围的平台。人机界面软件有两种，一种是应用于机器级的 ProTool，另一种是应用于监控级的 WinCC。

ProTool 适用于大部分 HMI 硬件的组态，从操作员面板到标准 PC 都可以用集成在 STEP 7 中的 ProTool，有效地完成组态。ProTool/lite 用于文本显示的组态，如 OP3、OP7、OP17、TD17 等。ProTool/Pro 用于组态标准 PC 和所有西门子 HMI 产品，ProTool/Pro 不只是组态软件，其运行版也用于 Windows 平台的监控系统。

WinCC 是一个真正开放的、面向监控与数据采集的 SCADA（Supervisory Control and Data



Acquisition) 软件, 可在任何标准 PC 上运行。WinCC 操作简单, 系统可靠性高, 与 STEP 7 功能集成, 可直接进入 PLC 的硬件故障系统, 节省项目开发时间。它的设计适合于广泛的应用, 可以连接到已存在的自动化环境中, 有大量的通信接口和全面的过程信息数据处理能力, 其最新的 WinCC5.0 支持在办公室通过 IE 浏览器动态监控生产过程。

4.2 SIEMENS S7-200 可编程控制器

4.2.1 S7-200 系列 PLC 的硬件配置

S7-200 系列的可编程控制器是整体式结构, 根据其控制规模的大小 (即输入/输出点数的多少), 可以选择相应主机单元的 CPU。同其他 PLC 一样, S7-200 PLC 的系统基本组成也是由主机单元加编程器。在需要对系统进行扩展时, 系统中还可以增加的单元包括模拟量扩展单元模板、数字量扩展单元模板、通信模板、网络设备、人机界面 HMI 等。S7-200 PLC 的基本构成如图 4-1 所示。

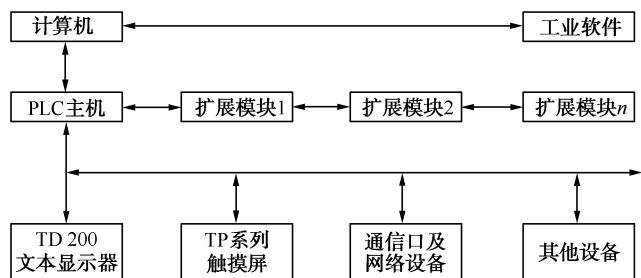


图 4-1 S7-200 的基本构成

1. 基本单元

S7-200 系列 PLC 中可提供 4 种不同基本型号的 8 种 CPU 供选择使用, 其输入/输出点数的分配见表 4-1。

表 4-1 S7-200 系列 PLC 中 CPU22X 的基本单元

型 号	输 入 点	输 出 点	可带扩展模块数
S7-200CPU221	6	4	—
S7-200CPU222	8	6	2 个扩展模块 78 路数字量 I/O 点或 10 路模拟量 I/O 点
S7-200CPU224	14	10	7 个扩展模块 168 路数字量 I/O 点或 35 路模拟量 I/O 点
S7-200CPU226	24	16	2 个扩展模块 248 路数字量 I/O 点或 35 路模拟量 I/O 点
S7-200CPU226XM	24	16	2 个扩展模块 248 路数字量 I/O 点或 35 路模拟量 I/O 点



2. 扩展单元

S7-200 系列 PLC 主要有 6 种扩展单元，它本身没有 CPU，只能与基本单元相连接使用，用于扩展 I/O 点数，S7-200 系列 PLC 扩展单元型号及输入/输出点数的分配见表 4-2。

表 4-2 S7-200 系列 PLC 扩展单元型号及输入/输出点数

类 型	型 号	输 入 点	输 出 点
数字量扩展模块	EM221	8	无
	EM222	无	8
	EM223	4/8/16	4/8/16
模拟量扩展模块	EM231	3	无
	EM232	无	2
	EM235	3	1

3. 编程器

PLC 在正式运行时，不需要编程器。编程器主要用来进行用户程序的编制、存储和管理等，并将用户程序送入 PLC 中，在调试过程中，进行监控和故障检测。S7-200 系列 PLC 可采用多种编程器，一般可分为简易型和智能型。简易型编程器体积较小、简单实用、价格低廉，是一种很好的现场编程及监测工具，但显示功能较差，只能用指令表方式输入，使用不够方便；智能型编程器采用计算机进行编程操作，将专用的编程软件装入计算机内，可直接采用梯形图语言编程，实现在线监测，非常直观且功能强大，S7-200 系列 PLC 的专用编程软件为 STEP 7-Micro/WIN。

4. 程序存储卡

为了保证程序及重要参数的安全，一般小型 PLC 设有外接 EEPROM 卡盒接口，通过该接口可以将卡盒的内容写入 PLC，也可将 PLC 内的程序及重要参数传到外接 EEPROM 卡盒内作为备份。程序存储卡 EEPROM 有 6ES 7291-8GC00-0XA0 和 6ES 7291-8GD00-0XA0 两种，程序容量分别为 8KB 和 16KB 程序步。

5. 写入器

写入器的功能是实现 PLC 和 EEPROM 之间的程序传送，是将 PLC 中 RAM 区的程序通过写入器固化到程序存储卡中，或将 PLC 中程序存储卡中的程序通过写入器传送到 RAM 区。

6. 文本显示器

文本显示器 TD200 不仅是一个用于显示系统信息的显示设备，还可以作为控制单元对某个量的数值进行修改，或直接设置输入/输出量。文本信息的显示用选择/确认的方法，最多可显示 80 条信息，每条信息最多 4 个变量的状态。过程参数可在显示器上显示，并可以随时修改。TD200 面板上的 8 个可编程序的功能键均分配了一个存储器位，这些功能键在启动和测试系统时，可以进行参数设置和诊断。



4.2.2 S7-200 系列 PLC 的主要技术性能

下面以 S7-200 CPU224 为例说明 S7 系列 PLC 的主要技术性能。

1. 一般性能

S7-200 CPU224 的一般性能见表 4-3。

表 4-3 S7-200 CPU224 一般性能

电源电压	DC 24V, AC 100~230V
电源电压波动	DC 20.4~28.8V, AC 84~264V (47~63Hz)
环境温度、湿度	水平安装 0~55℃, 垂直安装 0~45℃, 5%~95%
大气压	860~1080hPa
保护等级	IP20~IEC529
输出给传感器的电压	DC 24V (20.4~28.8V)
输出给传感器的电流	280mA, 电子式短路保护 (600mA)
为扩展模块提供的输出电流	660mA
程序存储器	8KB/典型值为 2.6K 条指令
数据存储器	2.5KB
存储器子模块	1 个可插入的存储器子模块
数据后备	整个 BD1 在 EEPROM 中无需维护 在 RAM 中, 当前的 DB1 标志位、定时器、计数器等通过高能电容或电池维持, 后备时间 190h (40℃时 120h), 插入电池后备 200 天
编程语言	LAD, FBD, STL
程序结构	一个主程序块 (可以包括子程序)
程序执行	自由循环。中断控制, 定时控制 (1~255ms)
子程序级	8 级
用户程序保护	3 级口令保护
指令集	逻辑运算、应用功能
位操作执行时间	0.37μs
扫描时间监控	300ms (可重启动)
内部标志位	256, 可保持: EEPROM 中 0~112
计数器	0~256, 可保持: 256, 6 个高速计数器
定时器	可保持: 256 4 个定时器, 1ms~30s 16 个定时器, 10ms~5min 236 个定时器, 100ms~54min
接口	一个 RS485 通信接口
可连接的编程器/PC	PG740P II, PG760P II, PC (AT)



续表

本机 I/O	数字量输入：14，其中 4 个可用做硬件中断，14 个用于高速功能 数字量输出：10，其中 2 个可用做本机功能 模拟电位器：2 个
可连接的 I/O	数字量输入/输出：最多 94/74 模拟量输入/输出：最多 28/7（或 14） AS 接口输入/输出：496
最多可接扩展模块	7 个

2. 输入特性

S7-200 CPU224 的输入特性见表 4-4。

表 4-4 S7-200 CPU224 输入特性

类 型	源型或汇型
输入电压	DC 24V，“1 信号”：14~35A，“0 信号”：0~5A，
隔离	光耦隔离，6 点和 8 点
输入电流	“1 信号”：最大 4mA
输入延迟（额定输入电压）	所有标准输入：全部 0.2~12.8ms（可调节） 中断输入：（I0.0~0.1）0.2~12.8ms（可调节） 高速计数器：（I0.0~0.5）最大 30kHz

3. 输出特性

S7-200 CPU224 输出特性见表 4-5。

表 4-5 S7-200 CPU224 的输出特性

类 型	晶体管输出型	继电器输出型
额定负载电压	DC 24V（20.4~28.8V）	DC 24V（4~30V） AC 24~230V（20~250V）
输出电压	“1 信号”：最小 DC 20V	L ₊ /L-
隔离	光耦隔离，5 点	继电器隔离，3 点和 4 点
最大输出电流	“1 信号”：0.75A	“1 信号”：2A
最小输出电流	“0 信号”：10 μA	“0 信号”：0mA
输出开关容量	阻性负载：0.75A 灯负载：5W	阻性负载：2A 灯负载：DC 30W，AC 200W

4. 扩展单元的主要技术特性

S7-200 系列 PLC 是模块式结构，可以通过配接各种扩展模块来达到扩展功能、扩大控制能力的目的。目前 S7-200 主要有三大类扩展模块。

（1）输入/输出扩展模块 S7-200 CPU 上已经集成了一定数量的数字量 I/O 点，但如用户需要多于 CPU 单元 I/O 点时，必须对系统做必要的扩展。CPU221 无 I/O 扩展能力，CPU222 最多



可连接 2 个扩展模块（数字量或模拟量），而 CPU224 和 CPU226 最多可连接 7 个扩展模块。

S7-200 PLC 系列目前共提供 5 大类扩展模块：数字量输入扩展板 EM221（8 路扩展输入）；数字量输出扩展板 EM222（8 路扩展输出）；数字量输入和输出混合扩展板 EM223（8I/O，16I/O，32I/O）；模拟量输入扩展板 EM231，每个 EM231 可扩展 3 路模拟量输入通道，A/D 转换时间为 25μs，位数为 12 位；模拟量输入和输出混合扩展模板 EM235，每个 EM235 可同时扩展 3 路模拟输入和 1 路模拟量输出通道，其中 A/D 转换时间为 25μs，D/A 转换时间 100μs，位数均为 12 位。

基本单元通过其右侧的扩展接口用总线连接器（插件）与扩展单元左侧的扩展接口相连接。扩展单元正常工作需要+5V DC 工作电源，此电源由基本单元通过总线连接器提供，扩展单元的 24V DC 输入点和输出点电源可由基本单元的 24V DC 电源供电，但要注意基本单元所提供的最大电流能力。

（2）热电偶/热电阻扩展模块 热电偶、热电阻模块（EM231）是为 CPU222、CPU224 和 CPU226 设计的，S7-200 与多种热电偶、热电阻的连接备有隔离接口。用户通过模块上的 DIP 开关来选择热电偶或热电阻的类型、接线方式、测量单位和开路故障的方向。

（3）通信扩展模块 除了 CPU 集成通信口外，S7-200 还可以通过通信扩展模块连接成更大的网络。S7-200 系列目前有两种通信扩展模块：PROFIBUS-DP 扩展从站模块（EM277）和 AS-i 接口扩展模块（CP243-2）。

S7-200 系列 PLC 输入/输出扩展模块的主要技术性能见表 4-6。

表 4-6 S7-200 系列 PLC 输入/输出扩展模块的主要技术性能

类 型	数字量扩展模块			模拟量扩展模块		
型 号	EM221	EM222	EM223	EM231	EM232	EM235
输入点	8	无	4/8/16	3	无	3
输出点	无	8	4/8/16	无	2	1
隔离组点数	8	2	4	无	无	无
输入电压	DC 24V		DC 24V			
输出电压		DC 24V 或 AC 24~230V	DC 24V 或 AC 24~230V			
A/D 转换时间				<250μs		<250μs
分辨率				12bit A/D 转换	电压：12bit 电流：11bit	12bit A/D 转换

4.2.3 S7-200 CPU 存储器的数据类型及寻址方式

S7-200 CPU 将信息存储在不同的存储器单元中，每个单元都有地址。S7-200 CPU 使用数据地址访问所有的数据，称为寻址。数字量和模拟量输入/输出点、中间运算数据等各种数据具有各自的地址定义方式。S7-200 的大部分指令都需要指定数据地址。

（1）数据格式

S7-200 CPU 以不同的数据格式保存和处理信息。S7-200 支持的数据格式完全符合通用的相关标准。它们占用的存储单元长度不同，内部的表示格式也不同。这就是说，数据都有各



自规定的长度，表示的数值范围也不同。S7-200 的 SIMATIC 指令系统针对不同的数据格式提供了不同类型的编程命令。

数据格式和取值范围见表 4-7。

表 4-7 数据格式和取值范围

寻址格式	数据长度 (二进制位)	数据类型	取值范围
BOOL (位)	1 (位)	布尔数 (二进制位)	真 (1)，假 (0)
BYTE (字节)	8 (字节)	无符号整数	0~255, 0~FF (H)
INT (整数)	16 (字)	有符号整数	-32 768~32 767 8000~7FFF (H)
WORD (字)		无符号整数	0~65 535; 0~FFFF (H)
DINT (双整数)		有符号整数	-2 147 483 648~2 147 483 647 80 000 000~7F FFF FFF (H)
DWORD (双字)	32 (双字)	无符号整数	0~4 294 967 295' 0~FF FFF FFF (H)
REAL (实数)		IEEE 32 位 单精度浮点数	-3.402 823 E+38~-1.175 495 E-38 (负数); +1.175 495 E-38~+3.402 823 E+38 (正数) 不能绝对精确地表示零
ASCII	8 (字节) /个	字符列表	ASCII 码字符、 汉字内码 (每个汉字 2 个字节)
STRING (字符串)		字符串	1~254 个 ASCII 码字符、 汉字内码 (每个汉字 2 个字节)

(2) 数据的寻址长度

在 S7-200 系统中，可以按位、字节、字和双字对存储单元寻址。

寻址时，数据地址以代表存储区类型的字母开始，随后是表示数据长度的标记，然后是存储单元编号；对于二进制位寻址，还需要在一个小数点分隔符后指定位编号。

位寻址的举例如图 4-2 所示。字节寻址的举例如图 4-3 所示。

可以看出，VW100 包括 VB100 和 VB101；VD100 包含 VW100 和 VW102，即 VB100、VB101、VB102 和 VB103 这 4 个字节。值得注意的是，这些地址是互相交叠的。

当涉及多字节组合寻址时，S7-200 遵循“高地址、低字节”的规律。如果将 16#AB（十六进制立即数）送入 VB100，16#CD 送入 VB101，那么 VW100 的值将是 16#ABCD。即 VB101 作为高地址字节保存数据的低字节部分。

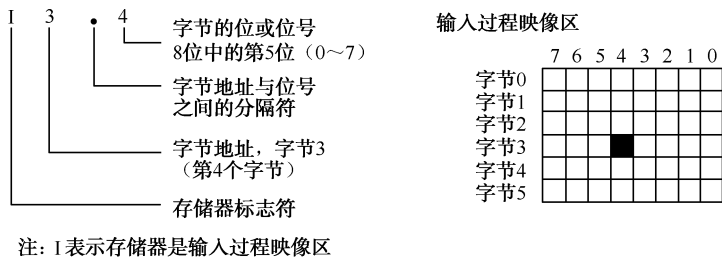


图 4-2 位寻址举例

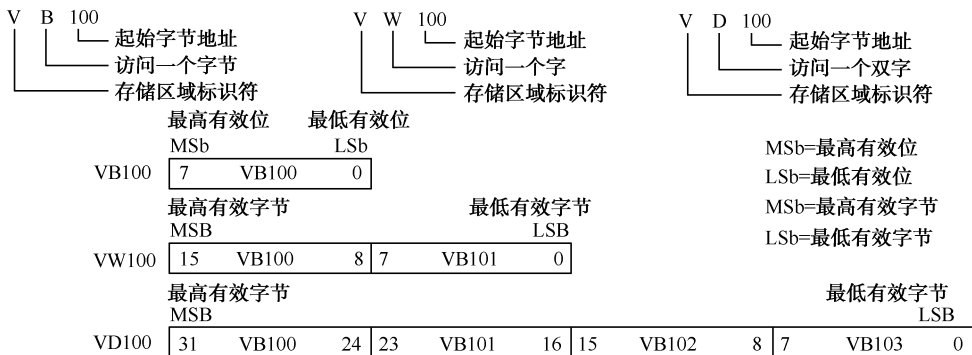


图 4-3 字节寻址举例

(3) 各数据存储区寻址

1) 输入过程映像寄存器: I

在每次扫描周期开始的时候, CPU 对物理输入点进行采样, 并将采样值写入输入过程映像寄存器。可以按位、字节、字或双字来存取输入过程映像寄存器中的数据。

位: I[字节地址]. [位地址] I0.1
字节、字或双字: I[长度][起始字节地址] IB4 IW1 ID0

2) 输出过程映像寄存器: Q

在每次扫描周期结束的时候, CPU 将输出过程映像寄存器中的数值复制到物理输出点上。可以按位、字节、字或双字来存取输出过程映像寄存器中的数据。

位: Q[字节地址]. [位地址] Q1.1
字节、字或双字: Q[长度][起始字节地址] QB5 QW1 QD0

3) 变量存储区: V

可以用 V 存储器存储程序执行过程中控制逻辑操作的中间结果, 也可以用它来保存与工序或任务相关的其他数据。可以按位、字节、字或双字来存取 V 存储器中的数据。

位: V[字节地址]. [位地址] VI0.2
字节、字或双字: V[长度][起始字节地址] VB100 VW200 VD300

4) 位存储区: M

可以用位存储区作为控制继电器来存储中间操作状态和控制信息。可以按位、字节、字或双字来存取位存储区中的数据。

位: M[字节地址]. [位地址] M26.7
字节、字或双字: M[长度][起始字节地址] MB0 MW13 MD20



5) 定时器存储区：T

在 S7-200 CPU 中，定时器可用于时间累计。定时器寻址有两种形式：

- 当前值：16 位有符号整数，存储定时器所累计的时间。
- 定时器位：按照当前值和预置值的比较结果置位或者复位。

两种寻址使用同样的格式，用定时器地址（T+定时器号，如 T33）来存取这两种形式的定时器数据。究竟使用哪种形式取决于所使用的指令。

位：T[定时器号] T37

字：T[定时器号] T96

6) 计数器存储区：C

在 S7-200 CPU 中，计数器可以用于累计其输入端脉冲电平由低到高的次数。计数器有两种寻址形式：

- 当前值：16 位有符号整数，存储累计值。
- 计数器位：按照当前值和预置值的比较结果来置位或者复位。

可以用计数器地址（C+计数器号，如 C0）来存取这两种形式的计数器数据。究竟使用哪种形式取决于所使用的指令。

位：C[计数器号] C0

字：C[计数器号] C255

7) 高速计数器：HC

高速计数器对高速事件计数，它独立于 CPU 的扫描周期。高速计数器有一个 32 位的有符号整数计数值（或当前值）。若要存取高速计数器中的值，则应给出高速计数器的地址，即存储器类型（HC）加上计数器号（如 HC0）。高速计数器的当前值是只读数据，可作为双字（32 位）来寻址。

格式：HC[高速计数器号] HC1

8) 累加器：AC

累加器是可以像存储器一样使用的读/写存储区。例如，可以用它来向子程序传递参数，也可以从子程序返回参数，以及用来存储计算的中间结果。S7-200 提供了 4 个 32 位累加器（AC0、AC1、AC2 和 AC3）。可以按字节、字或双字的形式来存取累加器中的数值。被操作的数据长度取决于访问累加器时所使用的指令。

9) 顺序控制继电器：S

顺序控制继电器位（S）用于组织机器操作或进入等效程序段的步进控制。顺序控制继电器（SCR）提供控制程序的逻辑分段，可以按位、字节、字或双字来存取 S 位。

位：S[字节地址]. [位地址] S3.1

字节、字、双字：S[长度][起始字节地址] SB4 SW24 SD20

10) 局部存储器：L

S7-200 PLC 有 64 个字节的局部存储器，其中 60 个可以用做暂时存储器或给子程序传递参数。如果用梯形图或功能块图编程，STEP7-Micro/WIN32 保留这些局部存储器的最后 4 个字节。如果用语句表编程，可以寻址所有的 64 个字节，但不要使用局部存储器的最后 4 个字节。

局部存储器和变量存储器的主要区别是：变量存储器是全局有效的，而局部存储器是局部有效的。全局是指同一个存储器可以被任何程序存取（例如，主程序、子程序或中断程序）；局部是指存储器和特定的程序相关联。S7-200 PLC 给主程序分配 64 个字节的局部存储器；



给每一级子程序嵌套分配 64 个字节的局部存储器；给中断程序也分配 64 个字节的局部存储器。子程序或中断程序不能访问分配给主程序的局部存储器；子程序不能访问分配给主程序、中断程序或其他子程序的局部存储器；同样地，中断程序也不能访问分配给主程序或子程序的局部存储器。

S7-200 PLC 根据需要分配局部存储器。即当执行主程序时，分配给子程序或中断程序的局部存储器是不存在的。当出现中断或调用一个子程序时，需要分配局部存储器。新的局部存储器可以重新使用分配给不同子程序或中断程序的相同局部存储器。

局部存储器在进行分配时 PLC 不进行初始化，初始值可能是任意的。当在子程序调用过程中传递参数时，在被调用子程序的局部存储器中，由 CPU 代替被传递的参数值。局部存储器在参数传递过程中不接受值，在分配时不被初始化，也没有任何值。可以按位、字节、字或双字访问局部存储器，也可以把局部存储器作为间接寻址的指针，但不能作为间接寻址的存储器区。

位	L[字节地址]. [位地址]	L0.2
字节、字、双字	L[长度][起始字节地址]	LB33 LW10 LD15

11) 特殊存储器：SM

SM 位为 CPU 与用户程序之间传递信息提供了一种手段。可以用这些位选择和控制 S7-200 CPU 的一些特殊功能。用户可以按位、字节、字或者双字的形式来存取。

位：	SM[字节地址]. [位地址]	SM0.1
字节、字或者双字：	SM[长度][起始字节地址]	SMB86

表 4-8 为常用的特殊存储器位表，其他特殊存储器的用途可查阅 S7-200 系统手册。

表 4-8 常用的特殊存储器位表

特殊存储器位			
SM0.0	该位始为 1	SM1.0	操作结果=0
SM0.1	首次扫描时为 1	SM1.1	结果溢出或非法值
SM0.2	保持数据丢失时为 1	SM1.2	结果为负数
SM0.3	开机进入 RUN 时为 1，一个扫描周期	SM1.3	被 0 除
SM0.4	时钟脉冲：30s 闭合/30s 断开	SM1.4	超出表范围
SM0.5	时钟脉冲：0.5s 闭合/0.5s 断开	SM1.5	空表
SM0.6	时钟脉冲：闭合 1 个扫描周期/断开 1 个扫描周期	SM1.6	BCD 到二进制转换出错
SM0.7	开关放置在 RUN 位置时为 1	SM1.7	ASCII 到十六进制转换出错

12) 模拟量输入：AI

S7-200 将模拟量值（如温度或电压）转换成 1 个字长（16 位）的数据。可以用区域标志符（AI）、数据长度（W）及字节的起始地址来存取这些值。因为模拟值输入为 1 个字长，且从偶数位字节（如 0，2，4）开始，所以必须用偶数字节地址（如 AIW0，AIW2，AIW4）来存取这些值。模拟量输入值为只读数据。模拟量转换的实际精度是 12 位。

格式：	AIW[起始字节地址]	AIW4
-----	-------------	------

13) 模拟量输出：AQ

S7-200 把 1 个字长（16 位）数字值按比例转换为电流或电压。可以用区域标志符（AQ）、数据长度（W）及字节的起始地址来改变这些值。因为模拟量为一个字长，且从偶数字节（如



0, 2, 4) 开始, 所以必须用偶数字节地址 (如 AQW0, AQW2, AQW4) 来改变这些值。模拟量输出值为只写数据。模拟量转换的实际精度是 12 位。

格式: AQW[起始字节地址]AQW4

S7-200 CPU 存储器范围和特性见表 4-9。

表 4-9 S7-200 CPU 存储器范围和特性一览表

描 述	CPU222	CPU224/CPU226
用户程序大小	2048 字	4096 字
用户数据大小	1024 字	2560 字
输入映像寄存器	I0.0～I15.7	
输出映像寄存器	Q0.0～Q15.7	
模拟量输入（只读）	AIW 0～AIW 30	AIW0～AIW62
模拟量输出（只写）	AQW0～AQW 30	AQW0～AQW62
变量存储器（V）①	V0.0～V2047.7	V 0.0～V 5119.7
局部存储器（L）②	L0.0～L63.7	
位存储器（M）	M0.0～ M31.7	
特殊存储器（SM）只读	SM0.0～SM179.7	
定时器	256 （T0～T255）	
有记忆接通延迟 1ms	T0, T64	
有记忆接通延迟 10ms	T1～T4, T65～T68	
有记忆接通延迟 100ms	T5～T31, T69～T95	
接通/关断延迟 1ms	T32, T96	
接通/关断延迟 10ms	T33～T36, T97～T100	
接通/关断延迟 100ms	T37～T63, T101～T255	
计数器	C0～C255	
高速计数器	HC0、HC3、HC4、HC5	HC0～HC5
顺序控制继电器（S）	S0.0～S31.7	
累加寄存器	AC0～AC3	
跳转/标号	0～255	
调用子程序	0～63	
中断程序	0～127	
PID 回路	0～7	
通信端口号	0	
①所有的 V 存储器都可以存储在永久存储区。		
②LB60～LB63 为 STEP 7-Micro/WIN 32 的 3.0 版本或以后的版本软件保留。		



常数见表 4-10。

表 4-10 常数

数 制	格 式	举 例
十进制	[十进制数]	20 047
十六进制	16#[十六进制数]	16#4E4F
二进制	2#[二进制数]	2#1010_0101_1010_0101
ASCII	‘[ASCII 码文本]’	‘Text goes between single quotes’
字符串	“[字符串文本]”	“ASCII 文本和中文”
实数	ANSI/IEEE 754—1985	+1.175 495E-38（正数）； -1.175 495E-38（负数）； 0.0； 10.05

4.3 S7-200 系列 PLC 指令系统

本节主要讲 S7-200 系列 PLC 的常用指令及使用方法。

4.3.1 基本指令

S7-200 系列的基本逻辑指令与 FX 系列和 CPM1A 系列基本逻辑指令大体相似，编程和梯形图表达方式也相差不多，表 4-11 列出了 S7-200 系列的基本逻辑指令。

表 4-11 S7-200 系列的基本逻辑指令

指令名称	指 令 符	功 能	操 作 数
取	LD bit	读入逻辑行或电路块的第一个常开接点	Bit: I, Q, M, SM, T, C, V, S
取反	LDN bit	读入逻辑行或电路块的第一个常闭接点	
与	A bit	串联一个常开接点	
与非	AN bit	串联一个常闭接点	
或	O bit	并联一个常开接点	
或非	ON bit	并联一个常闭接点	
电路块与	ALD	串联一个电路块	无
电路块或	OLD	并联一个电路块	
输出	= bit	输出逻辑行的运算结果	Bit: Q, M, SM, T, C, V, S
置位	S bit, N	置继电器状态为接通	
复位	R bit, N	使继电器复位为断开	

1. 基本逻辑指令的应用

基本逻辑指令的应用如图 4-4 所示。

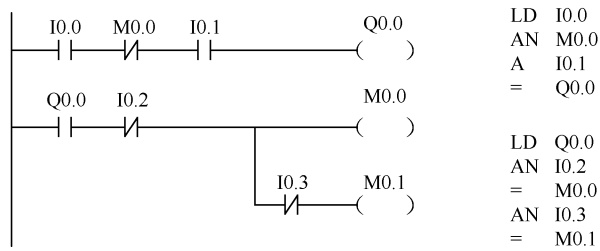


图 4-4 基本逻辑指令的应用

A 和 AN 指令应用于单个触点的串联（常开或常闭），可以连续使用。具有图 4-4 中的最后 3 条指令结构的输出形式，称为连续输出。A 和 AN 的操作数为：I、Q、M、SM、T、C、V、S。

2. 电路块编程

ALD（AndLoad），用于并联电路块的串联连接。使用 ALD 指令，如图 4-5 所示。
ALD 指令使用说明：

- ① 分支电路（并联电路块）与前面电路串联连接时，使用 ALD 指令。分支的起始点用 LD、LDN 指令，并联电路块结束后，使用 ALD 指令与前面电路串联。
- ② 如果有多个并联电路块串联，顺次以 ALD 指令与前面支路连接，支路数量没有限制。
- ③ ALD 指令无操作数。

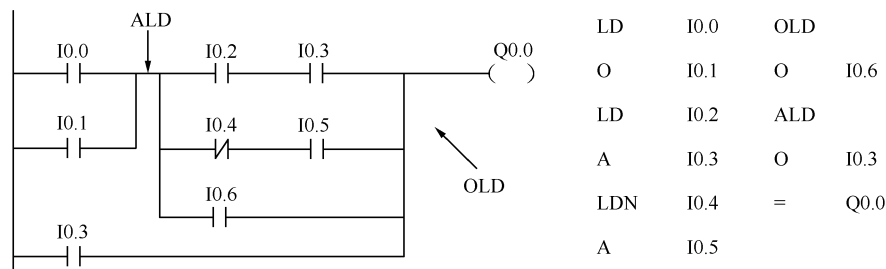


图 4-5 ALD 电路

3. 置位/复位指令 S/R 的编程

S 置位即置 1，R 复位即置 0。置位和复位指令可以将位存储区的某一位开始的一个或多个（最多可达 255 个）同类存储器位置 1 或置 0。

S：置位指令，将由操作数指定的位开始的 1 位至最多 225 位置“1”，并保持。R：复位指令，将由操作数指定的位开始的 1 位至最多 225 位置“0”，并保持。S、R 指令的时序图、梯形图及语句表如图 4-6 所示。I0.0 的上升沿从而使 Q0.0 接通并保持，即使 I0.0 断开也不再影响 Q0.0。I0.1 的上升沿使 I0.1 闭合，从而使 Q0.0 断开并保持断开状态，直到 I0.0 的下一个脉冲到来。对同一元件可以多次使用 S、R 指令（与 = 指令不同）。实际上图 4-6 所示的例子组成一个 S-R 触发器，当然也可把次序反过来组成 R-S 触发器。但由于扫描工作方式，故写在后面的指令具有优先权。

在使用 S、R 这两条指令时需指明三点：

- ① 操作性质（S/R），② 开始位（Bit），③ 位的数量（N）。



开始位的操作数为：Q、M、SM、T、C、V、S。数量位的操作数为：VB、IB、QB、MB、SMB、LB、SB、AC、常数等。操作数被置“1”后，必须通过 R 指令清“0”。

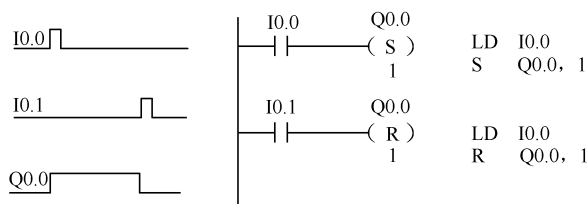


图 4-6 S、R 指令的时序图、梯形图及语句表

4. 脉冲生成指令 EU (Edge Up) 和 ED (Edge Down)

EU 指令在对应输入 (I0.0) 有上升沿时，产生一宽度为扫描周期的微分脉冲，ED 指令在对应输入 (I0.0) 有下降沿时，产生一宽度为扫描周期的微分脉冲，EU、ED 指令的时序图、梯形图和语句表如图 4-7 所示。

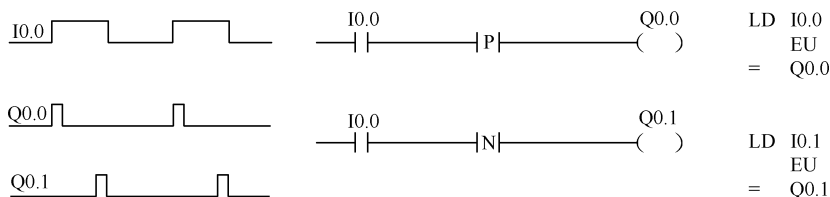


图 4-7 EU、ED 指令的时序图、梯形图和语句表

5. 定时器指令

S7-200 的 CPU22X 系列的 PLC 系统提供了 3 种类型的定时器：通电延时定时器 TON、有记忆通电延时定时器 TONR 和断电延时定时器 TOF，总共提供 256 个定时器 T0~T255，其中 TONR 为 64 个，其余 192 个可定义为 TON 或 TOF。定时精度（时间增量/时间单位/分辨率）可分为 3 个等级：1ms、10ms 和 100ms。定时器的定时精度及编号见表 4-12。

表 4-12 CPU22X 系列定时器的定时精度及编号

定时器类型	定时精度 (ms)	最大当前值 (s)	定时器号
TON TOF	1	32.767	T32,T96
	10	327.67	T33~T36,T97~T100
	100	3276.7	T37~T63,T101~T255
TONR	1	32.767	T0,T64
	10	327.67	T1~T4,T65~T68
	100	3276.7	T5~T31,T69~T95

定时器的定时时间为

$$T=PT \cdot S$$

式中，T 为定时器的定时时间；PT 是定时器的设定值，数据类型为整数型；S 是定时器的精度。



定时器指令需要 3 个操作数：编号、设定值和使能输入端。

(1) 接通延时定时器指令 TON (On-Delay Timer)

接通延时定时器 TON 用于单一间隔的定时。在梯形图中，TON 指令是以功能框的形式编程，它有两个输入端：IN 为启动定时器输入端，PT 为定时器的设定值输入端。上电或首次扫描时，定时器状态位为 OFF，当前值为 0。当定时器的输入端 IN 接通时，定时器状态位为 OFF，定时器当前值从 0 开始工作时，定时器当前值等于或大于设定值时，定时器状态位为 ON，常闭触点断开，常开触点闭合，当前值继续计数到 32 767。无论何时，只要 IN 为 OFF，TON 的当前值就被复位到 0。

在语句表中，接通延时定时器的指令格式为

TON T×××(定时器编号), PT

例：TON T33, 100

TON 的梯形图和语句表如图 4-8 所示。

当定时器 T33 的使能输入端 I0.0 为 ON 时，T33 开始工作计时，定时器 T33 的当前寄存器从 0 开始增加。当 T33 的当前值达到设定值 PT（图例为 1s）时，T33 的定时器状态位（bit）为 ON，T33 的常开触点闭合，使得 Q0.3 为 ON。此时 T33 的当前值继续累加到最大值。在程序中也可以用复位指令 R 使定时器复位。

(2) 有记忆接通延时定时器指令 TONR (Retentive On-Delay Timer)

有记忆接通延时定时器 TONR 用于多个时间间隔的累计定时。上电周期或首次扫描时，定时器状态位为 OFF，当前值保持。使能输入接通时，定时器状态位为 OFF，当前值从 0 开始计数。使能输入断开时，定时器状态位和当前值保持最后状态。使能输入再次接通时，当前值从上次保持值继续计数，当累计当前值达到预设值时，定时器状态位为 ON，当前值连续计数到 32 767。在梯形图中，TONR 指令是以功能框的形式编程，指令名称为 TONR，它有两个输入端：IN 为启动定时器输入端，PT 为定时器的设定值输入端。当定时器的输入端 IN 为 ON 时，定时器开始工作时；当定时器的当前值大于等于设定值时，定时器被置位，其常开触点接通，常闭触点断开，定时器继续计时，一直计时到最大值 32 767。如果在定时器的当前值小于设定值时，IN 变成 OFF，TONR 的值保持不变，当 IN 为 ON 时，TONR 在当前值基础上继续计时，直至当前值大于等于设定值。

在语句表中，保持型接通延时定时器的指令格式为

TONR T×××(定时器编号), PT

例：TONR T0, 1000

TONR 的梯形图和语句表如图 4-9 所示。

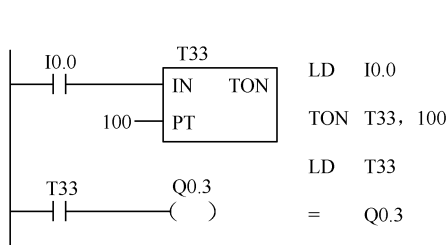


图 4-8 TON 的梯形图和语句表

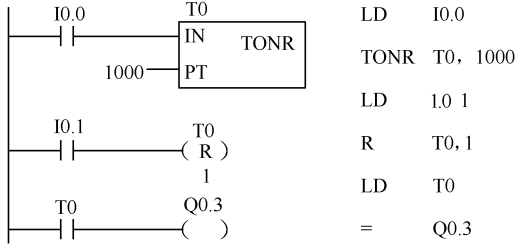


图 4-9 TONR 的梯形图和语句表



当定时器 T0 的使能输入端 I0.0 为 ON 时, T0 开始工作计时, 定时器 T0 的当前寄存器从 0 开始增加。当 I0.0 为 OFF 时, T0 的当前值保持。当 I0.0 再次为 ON 时, T0 在当前值基础上继续计时, 直至 T0 当前值大于等于设定值 PT (图例为 1s) 时, T0 的定时器状态位 (bit) 为 ON, T0 的常开触点闭合, 使得 Q0.3 为 ON。此时 T0 的当前值继续累加到最大值或 T0 复位。当定时器动作后, 必须用复位指令 R 使定时器复位。即使 I0.0 为 OFF 时, T0 也不会复位。

(3) 断开延时定时器指令 TOF (Off-Delay Timer)

断开延时定时器 TOF 用于输入断开后单一间隔的定时。系统上电或首次扫描时, 定时器状态位 (bit) 为 OFF, 当前值为 0。使能输入接通时, 定时器状态位为 ON, 当前值为 0。当使能输入由接通到断开时, 定时器开始计数, 当前值达到预设值时, 定时器状态位为 OFF, 当前值等于预设值, 停止计数。TOF 复位后, 如果使能输入再有从 ON 到 OFF 的负跳变, 则可实现再次启动。在梯形图中, TOF 指令以功能框的形式编程, 指令名称为 TONF, 它有两个输入端: IN 为启动定时器输入端, PT 为定时器的设定值输入端。当定时器的输入端 IN 为 ON 时, 定时器状态位为 ON, 但是其定时器当前值为“0”。只有当 I0.0 为 OFF 时, 定时器才开始计时, 当定时器的当前值大于等于设定值时, 定时器被复位, 常开触点断开, 常闭触点接通, 定时器停止计时。

在语句表中, 接通延时定时器的指令格式为

TOF T ×××(定时器编号), PT

例: TOF T2, 100

TOF 的梯形图和语句表如图 4-10 所示。

当定时器 T2 的使能输入端 I0.0 为 ON 时, T2 的状态为 ON, 当 I0.0 为 OFF 时, T2 开始工作计时, 定时器 T2 的当前寄存器从 0 开始增加, 直至当前值达到设定值 PT, T2 的状态位 (bit) 为 OFF, 当前值等于设定值时, 停止累加计数。在程序中也可以用复位指令 R 使定时器复位。

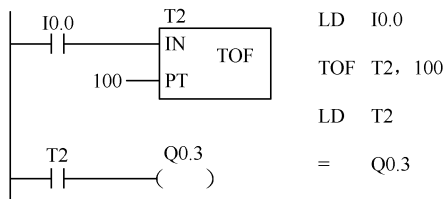


图 4-10 TOF 的梯形图和语句表

对于 S7-200 系列 PLC 的定时器, 必须注意的是: 1ms、10ms 和 100ms 定时器的刷新方式是不同的。1ms

定时器由系统每隔 1ms 刷新一次, 与扫描周期及程序处理无关, 因而当扫描周期较长时, 在一个周期内可能被多次刷新, 其当前值在一个周期内不一定保持一致; 10ms 定时器则由系统在每个扫描周期开始时自动刷新, 由于是每个扫描周期只刷新一次, 故在每次程序处理期间, 其当前值为常数; 100ms 定时器则在该定时器指令执行时才被刷新。

另外, 1ms、10ms 和 100ms 定时器的定时精度不同, 其预设值必须大于最小需要的时间间隔。使用 1ms 定时器要确保至少 56ms 的时间间隔, 预设值应大于 57。使用 10ms 定时器要确保至少 140ms 的时间间隔, 预设值应大于 15。使用 100ms 定时器要确保至少 2100ms 的时间间隔, 预设值应大于 22。

6. 计数器指令

计数器用来累计输入脉冲的次数。计数器也是由集成电路构成的, 是应用非常广泛的编



程元件，经常用来对产品进行计数。

S7-200 计数器指令有 3 种类型：递增计数 CTU、增减计数 CTUD 和递减计数 CTD，共计 256 个，可以根据实际情况和编程需要，对某个计数器的类型进行定义，编号为 C0~C255。指令操作数有 4 方面：编号、预设值、脉冲输入和复位输入。每个计数器只能使用一次，不能重复使用同一计数器的线圈编号。每个计数器有一个 16 位的当前值寄存器及一个状态位，最大计数值 PV 的数据类型为整数型 INT，寻址范围为：VW，IW，QW，NW，MW，SW，SMW，LW，AIW，T，C，AC，*VD，*AC，*LD 及常数。

(1) 递增计数器指令 CTU (Counter Up)

CTU，递增计数器指令。首次扫描 CTU 时，递增计数器的状态位为 OFF，当前值为 0。脉冲输入的每个上升沿，计数器计数 1 次，当前值增加 1 个单位，当前值达到预设值时，计数器位为 ON，当前值继续计数到 32 767 停止计数。复位输入有效或执行复位指令，计数器自动复位，即计数器位为 OFF，当前值为 0。在梯形图中，递增计数器以功能框的形式编程，它有 CU、R 和 PV 共 3 个输入端。PV 为设定值输入，CU 为计数脉冲的启动输入端，CU 为 ON 时，在脉冲输入的每个上升沿，计数器计数 1 次，当前寄存器值增加 1 个单位，如果当前值达到预设值 PV 时，计数器状态位为 ON，计数器动作，当前值继续递增计数，最大可达到 32 767。CU 由 ON 变为 OFF 时，计数器的当前值停止计数，并保持当前值不变；当 CU 又变为 ON 时，计数器在当前值基础上继续递增计数。R 为复位输入有效或执行复位指令，当 R 端为 ON 时，计数器复位，即计数器状态位为 OFF，当前值为 0。也可以通过复位指令 R 使 CTU 计数器复位。

在语句表中，递增计数器的指令格式为

CTU C×××，PV

例：CTU C20，3

递增计数器的梯形图、语句表和时序图如图 4-11 所示。

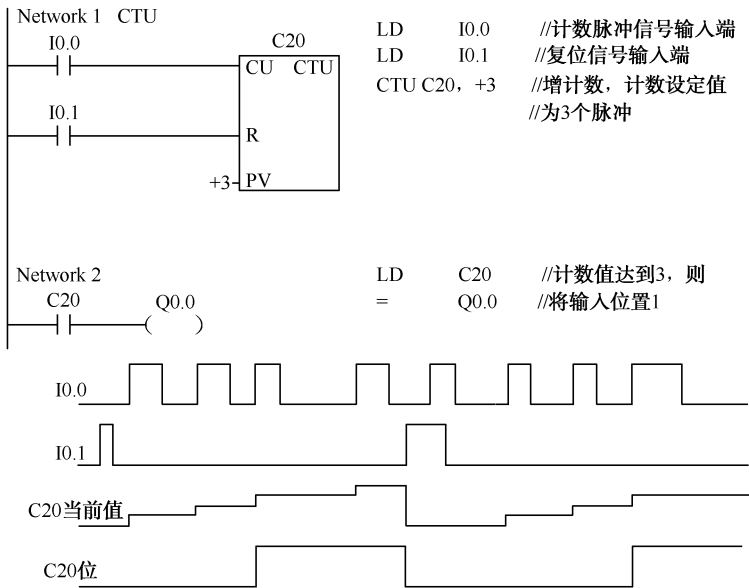


图 4-11 递增计数器的梯形图、语句表和时序图



(2) 递减计数器指令 CTD (Counter Down)

CTD, 递减计数器指令。首次扫描 CTD 时, 定时器状态位为 OFF, 其当前值为设定值。在梯形图中, 递减计数器以功能框的形式编程, 它有 CD、R 和 PV 共 3 个输入端。PV 为设定值输入, CD 为计数脉冲的启动输入端。CD 为 ON 时, 在脉冲输入的每个上升沿, 计数器计数 1 次, 当前寄存器值减 1 个单位, 如果当前值减到预 0 时, 计数器状态位为 ON, 计数器动作。计数器当前的值为 0。R 为复位输入有效或执行复位指令, 当 R 端为 ON 时, 计数器复位, 即计数器状态位为 OFF, 当前值为设定值。也可以通过复位指令 R 使 CTD 计数器复位。

在语句表中, 递减计数器的指令格式为

CTD C $\times\times\times$, PV

例: CTD C40, 4

递减计数器的梯形图、语句表和时序图如图 4-12 所示。

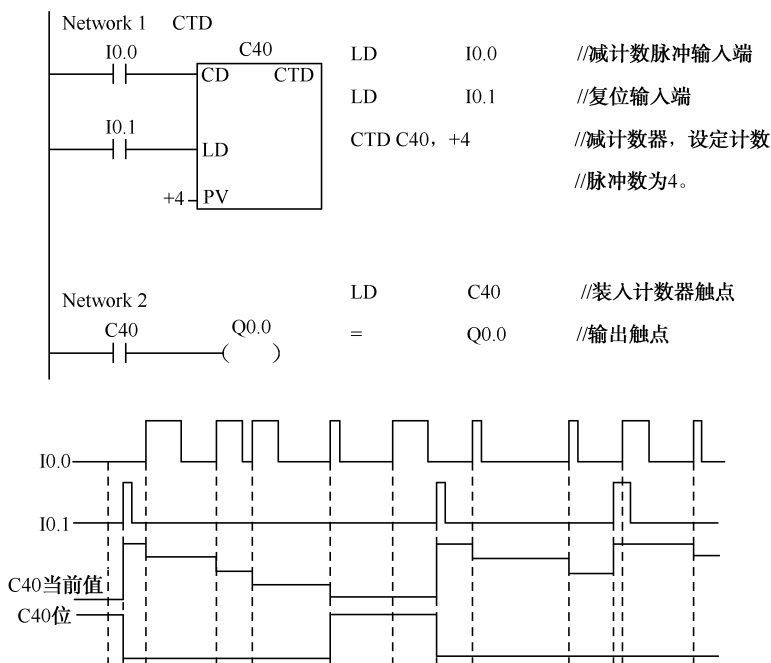


图 4-12 递减计数器的梯形图、语句表和时序图

7. NOT、NOP 和 MEND 指令

NOT、NOP 及 MEND 指令的形式及功能见表 4-13。

表 4-13 NOT、NOP 及 MEND 指令的形式及功能

STL	功能	操作数
NOT	逻辑结果取反	—
NOP	空操作	—
MEND	无条件结束	—



NOT 为逻辑结果取反指令，在复杂逻辑结果取反时为用户提供方便。NOP 为空操作，对程序没有实质影响。MEND 为无条件结束指令，在编程结束时一定要写上该指令，否则会出现编译错误。调试程序时，在程序的适当位置插入 MEND 指令可以实现程序的分段调试。

8. 比较指令

比较指令是将两个操作数按规定的条件作比较，条件成立时，触点就闭合。比较运算符有：=、>=、<=、>、<和<>。

(1) 字节比较 字节比较用于比较两个字节型整数值 IN1 和 IN2 的大小，字节比较是无符号的。比较式可以是 LDB、AB 或 OB 后直接加比较运算符构成。如：LDB=、AB<>、OB>=等。

整数 IN1 和 IN2 的寻址范围为：VB、IB、QB、MB、SB、SMB、LB、*VD、*AC、*LD 和常数。

指令格式如：LDB= VB10, VB12

(2) 整数比较 整数比较用于比较两个一字长整数值 IN1 和 IN2 的大小，整数比较是有符号的（整数范围为 16#8000 和 16#7FFF 之间）。比较式可以是 LDW、AW 或 OW 后直接加比较运算符构成。如：LDW=、AW<>。OW>=等。

整数 IN1 和 IN2 的寻址范围为：VW、IW、QW、MW、SW、SMW、LW、AIW、T、C、AC、*VD、*AC、*LD 和常数。

指令格式如：LDW= VW10, VW12

(3) 双字整数比较 双字整数比较用于比较两个双字长整数值 IN1 和 IN2 的大小，双字整数比较是有符号的（双字整数范围为 16#80 000 000 和 16#7F FFF FFF 之间）。比较式可以是 LDD、AD 或 OD 后直接加比较运算符构成。如：LDD=、AD<>、OD>=等。

双字整数 IN1 和 IN2 的寻址范围为：VD、ID、QD、MD、SD、SMD、LD、HC、AC、*VD、*AC、*LD 和常数。

指令格式如：LDD= VD10, VD12

(4) 实数比较 实数比较用于比较两个双字长实数值 IN1 和 IN2 的大小，实数比较是有符号的（负实数范围为-1.175 495E-38 和-3.402 823E+38，正实数范围为+1.175 495E-38 和+3.402 823E+38）。比较式可以是 LDR、AR 或 OR 后直接加比较运算符构成。如：LDR=、AR<>、OR>=等。

实数 IN1 和 IN2 的寻址范围为：VD、ID、QD、MD、SD、SMD、LD、AC、*VD、*AC、*LD 和常数。

指令格式如：LDR= VD10, VD12

4.3.2 功能指令

一般的逻辑控制系统用软继电器、定时器和计数器及基本指令就可以实现。利用功能指令可以开发出更复杂的控制系统，以致构成网络控制系统。这些功能指令实际上是厂商为满足各种客户的特殊需要而开发的通用子程序。功能指令的丰富程度及其合用的方便程度是衡量 PLC 性能的一个重要指标。

S7-200 的功能指令很丰富，大致包括这几方面：算术与逻辑运算、传送、移位与循环移位、程序流控制、数据表处理、PID 指令、数据格式变换、高速处理、通信以及实时时钟等。



功能指令的助记符与汇编语言相似，略具计算机知识的人学习起来也不会有太大困难。但 S7-200 系列 PLC 功能指令毕竟太多，一般读者不必准确记忆其详尽用法，需要时可查阅产品手册。本节仅对 S7-200 系列 PLC 的功能指令作列表归纳。

1. 四则运算指令

四则运算指令见表 4-14。

表 4-14 四则运算指令

名 称	指令格式 (语句表)	功 能	操作数寻址范围
加法指令	+I IN1, OUT	两个 16 位带符号整数相加，得到一个 16 位带符号整数。 执行结果：IN1+OUT=OUT（在 LAD 和 FBD 中为：IN1+IN2=OUT）	IN1, IN2, OUT: VW, IW, QW, MW, SW, SMW, LW, T, C, AC, *VD, *AC, *LD IN1 和 IN2 还可以是 AIW 和常数
	+D IN1, IN2	两个 32 位带符号整数相加，得到一个 32 位带符号整数。 执行结果：IN1+OUT=OUT（在 LAD 和 FBD 中为：IN1+IN2=OUT）	IN1, IN2, OUT: VD, ID, QD, MD, SD, SMD, LD, AC, *VD, *AC, *LD IN1 和 IN2 还可以是 HC 和常数
	+R IN1, OUT	两个 32 位实数相加，得到一个 32 位实数。 执行结果：IN1+OUT=OUT（在 LAD 和 FBD 中为：IN1+IN2=OUT）	IN1, IN2, OUT: VD, ID, QD, MD, SD, SMD, LD, AC, *VD, *AC, *LD IN1 和 IN2 还可以常数
减法指令	-I IN1, OUT	两个 16 位带符号整数相减，得到一个 16 位带符号整数。 执行结果：OUT-IN1=OUT（在 LAD 和 FBD 中为：IN1-IN2=OUT）	IN1, IN2, OUT: VW, IW, QW, MW, SW, SMW, LW, T, C, AC, *VD, *AC, *LD IN1 和 IN2 还可以是 AIW 和常数
	-D IN1, OUT	两个 32 位带符号整数相减，得到一个 32 位带符号整数。 执行结果：OUT-IN1=OUT（在 LAD 和 FBD 中为：IN1-IN2=OUT）	IN1, IN2, OUT: VD, ID, QD, MD, SD, SMD, LD, AC, *VD, *AC, *LD IN1 和 IN2 还可以是 HC 和常数
	-R IN1, OUT	两个 32 位实数相加，得到一个 32 位实数。 执行结果：OUT-IN1=OUT（在 LAD 和 FBD 中为：IN1-IN2=OUT）	IN1, IN2, OUT: VD, ID, QD, MD, SD, SMD, LD, AC, *VD, *AC, *LD IN1 和 IN2 还可以是常数
乘法指令	*I IN1, OUT	两个 16 位符号整数相乘，得到一个 16 位整数。 执行结果：IN1*OUT=OUT（在 LAD 和 FBD 中为：IN1*IN2=OUT）	IN1, IN2, OUT: VW, IW, QW, MW, SW, SMW, LW, T, C, AC, *VD, *AC, *LD IN1 和 IN2 还可以是 AIW 和常数
	MUL IN1, OUT	两个 16 位带符号整数相乘，得到一个 32 位带符号整数。 执行结果：IN1*OUT=OUT（在 LAD 和 FBD 中为：IN1*IN2=OUT）	IN1, IN2: VW, IW, QW, MW, SW, SMW, LW, AIW, T, C, AC, *VD, *AC, *LD 和常数 OUT: VD, ID, QD, MD, SD, SMD, LD, AC, *VD, *AC, *LD



续表

名 称	指令格式 (语句表)	功 能	操作数寻址范围
乘法指令	*D IN1, OUT	两个 32 位带符号整数相乘，得到一个 32 位带符号整数。 执行结果：IN1*OUT=OUT（在 LAD 和 FBD 中为：IN1*IN2=OUT）	IN1, IN2, OUT: VD, ID, QD, MD, SD, SMD, LD, AC, *VD, *AC, *LD IN1 和 IN2 还可以是 HC 和常数
	*R IN1, OUT	两个 32 位实数相乘，得到一个 32 位实数。 执行结果：IN1*OUT=OUT（在 LAD 和 FBD 中为：IN1*IN2=OUT）	IN1, IN2, OUT: VD, ID, QD, MD, SD, SMD, LD, AC, *VD, *AC, *LD IN1 和 IN2 还可以是常数
除法指令	/I IN1, OUT	两个 16 位带符号整数相除，得到一个 16 位带符号整数商，不保留余数。 执行结果：OUT/IN1=OUT（在 LAD 和 FBD 中为：IN1/IN2=OUT）	IN1, IN2, OUT: VW, IW, QW, MW, SW, SMW, LW, T, C, AC, *VD, *AC, *LD IN1 和 IN2 还可以是 AIW 和常数
	DIV IN1, OUT	两个 16 位带符号整数相除，得到一个 32 位结果，其中低 16 位为商，高 16 位为结果。 执行结果：OUT/IN1=OUT（在 LAD 和 FBD 中为：IN1/IN2=OUT）	IN1, IN2: VW, IW, QW, MW, SW, SMW, LW, AIW, T, C, AC, *VD, *AC, *LD 和常数 OUT: VD, ID, QD, MD, SD, SMD, LD, AC, *VD, *AC, *LD
	/D IN1, OUT	两个 32 位带符号整数相除，得到一个 32 位整数商，不保留余数。 执行结果：OUT/IN1=OUT（在 LAD 和 FBD 中为：IN1/IN2=OUT）	IN1, IN2, OUT: VD, ID, QD, MD, SD, SMD, LD, AC, *VD, *AC, *LD IN1 和 IN2 还可以是 HC 和常数
	/R IN1, OUT	两个 32 位实数相除，得到一个 32 位实数商。 执行结果：OUT/IN1=OUT（在 LAD 和 FBD 中为：IN1/IN2=OUT）	IN1, IN2, OUT: VD, ID, QD, MD, SD, SMD, LD, AC, *VD, *AC, *LD IN1 和 IN2 还可以是常数
数学函数指令	SQRT IN, OUT	把一个 32 位实数（IN）开平方，得到 32 位实数结果（OUT）	IN, OUT: VD, ID, QD, MD, SD, SMD, LD, AC, *VD, *AC, *LD IN 还可以是常数
	LN IN, OUT	对一个 32 位实数（IN）取自然对数，得到 32 位实数结果（OUT）	
	EXP IN, OUT	对一个 32 位实数（IN）取以 e 为底数的指数，得到 32 位实数结果（OUT）	
	SIN IN, OUT	分别对一个 32 位实数弧度值（IN）取正弦、余弦、正切，得到 32 位实数结果（OUT）	
	COS IN, OUT		
	TAN IN, OUT		
增减指令	INCB OUT	将字节无符号输入数加 1 执行结果：OUT+1=OUT（在 LAD 和 FBD 中为：IN+1=OUT）	IN, OUT: VB, IB, QB, MB, SB, SMB, LB, AC, *VD, *AC, *LD IN 还可以是常数
	DECB OUT	将字节无符号输入数减 1 执行结果：OUT-1=OUT（在 LAD 和 FBD 中为：IN-1=OUT）	



续表

名 称	指令格式 (语句表)	功 能	操作数寻址范围
增减指令	INCW OUT	将字（16 位）有符号输入数加 1 执行结果: $OUT+1=OUT$ (在 LAD 和 FBD 中为: $IN+1=OUT$)	IN, OUT: VW, IW, QW, MW, SW, SMW, LW, T, C, AC, *VD, *AC, *LD IN 还可以是 AIW 和常数
	DECW OUT	将字（16 位）有符号输入数减 1 执行结果: $OUT-1=OUT$ (在 LAD 和 FBD 中为: $IN-1=OUT$)	
	INCD OUT	将双字（32 位）有符号输入数加 1 执行结果: $OUT+1=OUT$ (在 LAD 和 FBD 中为: $IN+1=OUT$)	IN, OUT: VD, ID, QD, MD, SD, SMD, LD, AC, *VD, *AC, *LD IN 还可以是 HC 和常数
	DECD OUT	将字（32 位）有符号输入数减 1 执行结果: $OUT-1=OUT$ (在 LAD 和 FBD 中为: $IN-1=OUT$)	

2. 逻辑运算指令

逻辑运算指令见表 4-15。

表 4-15 逻辑运算指令

名 称	指令格式 (语句表)	功 能	操 作 数
字节逻辑运算指令	ANDB IN1, OUT	将字节 IN1 和 OUT 按位作逻辑与运算, OUT 输出结果	IN1, IN2, OUT: VB, IB, QB, MB, SB, SMB, LB, AC, *VD, *AC, *LD IN1 和 IN2 还可以是常数
	ORB IN1, OUT	将字节 IN1 和 OUT 按位作逻辑或运算, OUT 输出结果	
	XORB IN1, OUT	将字节 IN1 和 OUT 按位作逻辑异或运算, OUT 输出结果	
	INVB OUT	将字节 OUT 按位取反, OUT 输出结果	
字逻辑运算指令	ANDW IN1, OUT	将字 IN1 和 OUT 按位作逻辑与运算, OUT 输出结果	IN1, IN2, OUT: VW, IW, QW, MW, SW, SMW, LW, T, C, AC, *VD, *AC, *LD IN1 和 IN2 还可以是 AIW 和常数
	ORW IN1, OUT	将字 IN1 和 OUT 按位作逻辑或运算, OUT 输出结果	
	XORW IN1, OUT	将字 IN1 和 OUT 按位作逻辑异或运算, OUT 输出结果	
	IN VW OUT	将字 OUT 按位取反, OUT 输出结果	



续表

名 称	指令格式 (语句表)	功 能	操 作 数
双字逻辑运算指令	ANDD IN1, OUT	将双字 IN1 和 OUT 按位作逻辑与运算, OUT 输出结果	IN1, IN2, OUT: VD, ID, QD, MD, SD, SMD, LD, AC, *VD, *AC, *LD IN1 和 IN2 还可以是 HC 和常数
	ORD IN1, OUT	将双字 IN1 和 OUT 按位作逻辑或运算, OUT 输出结果	
	XORD IN1, OUT	将双字 IN1 和 OUT 按位作逻辑异或运算, OUT 输出结果	
	INVD OUT	将双字 OUT 按位取反, OUT 输出结果	

3. 数据传送指令

数据传送指令见表 4-16。

表 4-16 数据传送指令

名 称	指令格式 (语句表)	功 能	操 作 数
单一传送指令	MOVB IN, OUT	将 IN 的内容复制到 OUT 中 IN 和 OUT 的数据类型应相同, 可分别为字、字节、双字、实数	IN, OUT: VB, IB, QB, MB, SB, SMB, LB, AC, *VD, *AC, *LD IN 还可以是常数
	MOVW IN, OUT		IN, OUT: VW, IW, QW, MW, SW, SMW, LW, T, C, AC, *VD, *AC, *LD IN 还可以是 AIW 和常数 OUT 还可以是 AQW
	MOVD IN, OUT		IN, OUT: VD, ID, QD, MD, SD, SMD, LD, AC, *VD, *AC, *LD IN 还可以是 HC, 常数, &VB, &IB, &QB, &MB, &T, &C
	MOVR IN, OUT		IN, OUT: VD, ID, QD, MD, SD, SMD, LD, AC, *VD, *AC, *LD IN 还可以是常数
	BIR IN, OUT	立即读取输入 IN 的值, 将结果输出到 OUT	IN: IB OUT: VB, IB, QB, MB, SB, SMB, LB, AC, *VD, *AC, *LD
	BIW IN, OUT	立即将 IN 单元的值写到 OUT 所指的物理输出区	IN: VB, IB, QB, MB, SB, SMB, LB, AC, *VD, *AC, *LD 和常数 OUT: QB



续表

名 称	指令格式 (语句表)	功 能	操 作 数
块传送指令	BMB IN, OUT, N	将从 IN 开始的连续 N 个字节数据复制到从 OUT 开始的数据块 N 的有效范围是 1~255	IN, OUT: VB, IB, QB, MB, SB, SMB, LB, *VD, *AC, *LD N: VB, IB, QB, MB, SB, SMB, LB, AC, *VD, *AC, *LD 和常数
	BMW IN, OUT, N	将从 IN 开始的连续 N 个字数据复制到从 OUT 开始的数据块 N 的有效范围是 1~255	IN, OUT: VW, IW, QW, MW, SW, SMW, LW, T, C, *VD, *AC, *LD IN 还可以是 AIW OUT 还可以是 AQW N: VB, IB, QB, MB, SB, SMB, LB, AC, *VD, *AC, *LD 和常数
	BMD IN, OUT, N	将从 IN 开始的连续 N 个双字数据复制到从 OUT 开始的数据块 N 的有效范围是 1~255	IN, OUT: VD, ID, QD, MD, SD, SMD, LD, *VD, *AC, *LD N: VB, IB, QB, MB, SB, SMB, LB, AC, *VD, *AC, *LD 和常数

4. 移位与循环移位指令

移位与循环移位指令见表 4-17。

表 4-17 移位与循环移位指令

名 称	指令格式 (语句表)	功 能	操 作 数
字节移位指令	SRB OUT, N	将字节 OUT 右移 N 位, 最左边的位依次用 0 填充	IN, OUT, N: VB, IB, QB, MB, SB, SMB, LB, AC, *VD, *AC, *LD IN 和 N 还可以是常数
	SLB OUT, N	将字节 OUT 左移 N 位, 最右边的位依次用 0 填充	
	RRB OUT, N	将字节 OUT 循环右移 N 位, 从最右边移出的位送到 OUT 的最左位	
	RLB OUT, N	将字节 OUT 循环左移 N 位, 从最左边移出的位送到 OUT 的最右位	
字移位指令	SRW OUT, N	将字 OUT 右移 N 位, 最左边的位依次用 0 填充	IN, OUT: VW, IW, QW, MW, SW, SMW, LW, T, C, AC, *VD, *AC, *LD IN 还可以是 AIW 和常数 N: VB, IB, QB, MB, SB, SMB, LB, AC, *VD, *AC, *LD, 常数
	SLW OUT, N	将字 OUT 左移 N 位, 最右边的位依次用 0 填充	
	RRW OUT, N	将字 OUT 循环右移 N 位, 从最右边移出的位送到 OUT 的最左位	
	RLW OUT, N	将字 OUT 循环左移 N 位, 从最左边移出的位送到 OUT 的最右位	



续表

名 称	指令格式 (语句表)	功 能	操 作 数
双字移位指令	SRD OUT, N	将双字 OUT 右移 N 位, 最左边的位依次用 0 填充	IN, OUT: VD, ID, QD, MD, SD, SMD, LD, AC, *VD, *AC, *LD IN 还可以是 HC 和常数 N: VB, IB, QB, MB, SB, SMB, LB, AC, *VD, *AC, *LD, 常数
	SLD OUT, N	将双字 OUT 左移 N 位, 最右边的位依次用 0 填充	
	RRD OUT, N	将双字 OUT 循环右移 N 位, 从最右边移出的位送到 OUT 的最左位	
	RLD OUT, N	将双字 OUT 循环左移 N 位, 从最左边移出的位送到 OUT 的最右位	
位移位寄存器指令	SHRB DATA, S_BIT, N	将 DATA 的值(位型)移入移位寄存器; S_BIT 指定移位寄存器的最低位, N 指定移位寄存器的长度(正向移位=N, 反向移位= -N)	DATA, S_BIT: I, Q, M, SM, T, C, V, S, L N: VB, IB, QB, MB, SB, SMB, LB, AC, *VD, *AC, *LD, 常数

5. 交换和填充指令

交换和填充指令见表 4-18。

表 4-18 交换和填充指令

名 称	指令格式 (语句表)	功 能	操 作 数
换字节指令	SWAP IN	将输入字 IN 的高位字节与低位字节的内容交换, 结果放回 IN 中	IN: VW, IW, QW, MW, SW, SMW, LW, T, C, AC, *VD, *AC, *LD
填充指令	FILL IN, OUT, N	用输入字 IN 填充从 OUT 开始的 N 个字存储单元 N 的范围为 1~255	IN, OUT: VW, IW, QW, MW, SW, SMW, LW, T, C, AC, *VD, *AC, *LD IN 还可以是 AIW 和常数 OUT 还可以是 AQW N: VB, IB, QB, MB, SB, SMB, LB, AC, *VD, *AC, *LD, 常数

6. 表操作指令

表操作指令见表 4-19。

表 4-19 表操作指令

名 称	指令格式 (语句表)	功 能	操 作 数
表存数指令	ATT DATA, TABLE	将一个字型数据 DATA 添加到表 TABLE 的末尾。EC 值加 1	DATA, TABLE: VW, IW, QW, MW, SW, SMW, LW, T, C, AC, *VD, *AC, *LD DATA 还可以是 AIW, AC 和常数



续表

名 称	指令格式 (语句表)	功 能	操 作 数
表取数指令	FIFO TABLE, DATA	将表 TABLE 的第一个字型数据删除, 并将它送到 DATA 指定的单元。表中其余的数据项都向前移动一个位置, 同时实际填表数 EC 值减 1	DATA, TABLE: VW, IW, QW, MW, SW, SMW, LW, T, C, *VD, *AC, *LD DATA 还可以是 AQW 和 AC
	LIFO TABLE, DATA	将表 TABLE 的最后一个字型数据删除, 并将它送到 DATA 指定的单元。剩余数据位置保持不变, 同时实际填表数 EC 值减 1	
表查找指令	FND=TBL, PTN, INDEX FND<> TBL, PTN, INDEX FND< TBL, PTN, INDEX FND> TBL, PTN, INDEX	搜索表 TBL, 从 INDEX 指定的数据项开始, 用给定值 PTN 检索出符合条件 (=, <>, <, >) 的数据项 如果找到一个符合条件的数据项, 则 INDEX 指明该数据项在表中的位置。如果一个也找不到, 则 INDEX 的值等于数据表的长度。为了搜索下一个符合的值, 在再次使用该指令之前, 必须先将 INDEX 加 1	TBL: VW, IW, QW, MW, SMW, LW, T, C, *VD, *AC, *LD PTN, INDEX: VW, IW, QW, MW, SW, SMW, LW, T, C, AC, *VD, *AC, *LD PTN 还可以是 AIW 和 AC

7. 数据转换指令

数据转换指令如表 4-20 所示。

表 4-20 数据转换指令

名 称	指令格式 (语句表)	功 能	操 作 数
数据类型转换 指令	BTI IN, OUT	将字节输入数据 IN 转换成整数类型, 结果送到 OUT, 无符号扩展	IN: VB, IB, QB, MB, SB, SMB, LB, AC, *VD, *AC, *LD, 常数 OUT: VW, IW, QW, MW, SW, SMW, LW, T, C, AC, *VD, *AC, *LD
	ITB IN, OUT	将整数输入数据 IN 转换成一个字节, 结果送到 OUT。输入数据超出字节范围 (0~255) 则产生溢出	IN: VW, IW, QW, MW, SW, SMW, LW, T, C, AIW, AC, *VD, *AC, *LD, 常数 OUT: VB, IB, QB, MB, SB, SMB, LB, AC, *VD, *AC, *LD
	DTI IN, OUT	将双整数输入数据 IN 转换成整数, 结果送到 OUT。	IN: VD, ID, QD, MD, SD, SMD, LD, HC, AC, *VD, *AC, *LD, 常数 OUT: VW, IW, QW, MW, SW, SMW, LW, T, C, AC, *VD, *AC, *LD
	ITD IN, OUT	将整数输入数据 IN 转换成双整数 (符号进行扩展), 结果送到 OUT	IN: VW, IW, QW, MW, SW, SMW, LW, T, C, AIW, AC, *VD, *AC, *LD, 常数 OUT: VD, ID, QD, MD, SD, SMD, LD, AC, *VD, *AC, *LD



续表

名 称	指令格式 (语句表)	功 能	操 作 数
数据类型转换指令	ROUND IN, OUT	将实数输入数据 IN 转换成双整数, 小数部分四舍五入, 结果送到 OUT	IN, OUT: VD, ID, QD, MD, SD, SMD, LD, AC, *VD, *AC, *LD
	TRUNC IN, OUT	将实数输入数据 IN 转换成双整数, 小数部分直接舍去, 结果送到 OUT	IN 还可以是常数 在 ROUND 指令中 IN 还可以是 HC
	DTR IN, OUT	将双整数输入数据 IN 转换成实数, 结果送到 OUT	IN, OUT: VD, ID, QD, MD, SD, SMD, LD, AC, *VD, *AC, *LD IN 还可以是 HC 和常数
	BCDI OUT	将 BCD 码输入数据 IN 转换成整数, 结果送到 OUT。IN 的范围为 0~9999	IN, OUT: VW, IW, QW, MW, SW, SMW, LW, T, C, AC, *VD, *AC, *LD
	IBCD OUT	将整数输入数据 IN 转换成 BCD 码, 结果送到 OUT。IN 的范围为 0~9999	IN 还可以是 AIW 和常数
编码译码指令	ENCO IN, OUT	将字节输入数据 IN 的最低有效位 (值为 1 的位) 的位号输出到 OUT 指定的字节单元的低 4 位	IN: VW, IW, QW, MW, SW, SMW, LW, T, C, AIW, AC, *VD, *AC, *LD, 常数 OUT: VB, IB, QB, MB, SB, SMB, LB, AC, *VD, *AC, *LD
	DECO IN, OUT	根据字节输入数据 IN 的低 4 位所表示的位号将 OUT 所指定的字单元的相应位置 1, 其他位置 0	IN: VB, IB, QB, MB, SB, SMB, LB, AC, *VD, *AC, *LD, 常数 IN: VW, IW, QW, MW, SW, SMW, LW, T, C, AQW, AC, *VD, *AC, *LD
段码指令	SEG IN, OUT	根据字节输入数据 IN 的低 4 位有效数字产生相应的 7 段码, 结果输出到 OUT, OUT 的最高位恒为 0	IN, OUT: VB, IB, QB, MB, SB, SMB, LB, AC, *VD, *AC, *LD IN 还可以是常数
字符串转换指令	ATH IN, OUT, LEN	把从 IN 开始的长度为 LEN 的 ASCII 码字符串转换成十六进制数, 并存放在以 OUT 为首地址的存储区中。合法的 ASCII 码字符的十六进制值在 30H~39H, 41H~46H 之间, 字符串的最大长度为 255 个字符	IN, OUT, LEN: VB, IB, QB, MB, SB, SMB, LB, *VD, *AC, *LD LEN 还可以是 AC 和常数

8. 特殊指令

特殊指令见表 4-21。PLC 中一些实现特殊功能的硬件需要通过特殊指令来使用, 可实现特定的复杂控制, 同时程序的编制非常简单。

表 4-21 特殊指令

名 称	指令格式 (语句表)	功 能	操 作 数
中断指令	ATCH INT, EVNT	把一个中断事件 (EVNT) 和一个中断程序联系起来, 并允许该中断事件	INT: 常数 EVNT: 常数 (CPU221/222: 0~12, 19~23, 27~33; CPU224: 0~23, 27~33; CPU226: 0~33)
	DTCH EVNT	截断一个中断事件和所有中断程序的联系, 并禁止该中断事件	



续表

名 称	指令格式 (语句表)	功 能	操 作 数
	ENI	全局地允许所有被连接的中断事件	无
	DISI	全局地关闭所有被连接的中断事件	
	CRETI	根据逻辑操作的条件从中断程序中返回	
	RETI	位于中断程序结束，是必选部分，程序编译时软件自动在程序结尾加入该指令	
通信指令	NETR TBL, PORT	初始化通信操作，通过指令端口（PORT）从远程设备上接收数据并形成表（TBL）。可以从远程站点读最多 16 个字节的信息	TBL: VB, MB, *VD, *AC, *LD PORT: 常数
	NETW TBL, PORT	初始化通信操作，通过指定端口（PORT）向远程设备写表（TBL）中的数据，可以向远程站点写最多 16 个字节的信息	
	XMT TBL, PORT	用于自由端口模式。指定激活发送数据缓冲区（TBL）中的数据，数据缓冲区的第一个数据指明了要发送的字节数，PORT 指定用于发送的端口	TBL: VB, IB, QB, MB, SB, SMB, *VD, *AC, *LD PORT: 常数 (CPU221/222/224 为 0; CPU226 为 0 或 1)
	RCV TBL, PORT	激活初始化或结束接收信息的服务。通过指定端口（PORT）接收的信息存储于数据缓冲区（TBL），数据缓冲区的第一个数据指明了接收的字节数	
	GPA ADDR, PORT	读取 PORT 指定的 CPU 口的站地址，将数值放入 ADDR 指定的地址中	ADDR: VB, IB, QB, MB, SB, SMB, LB, AC, *VD, *AC, *LD 在 SPA 指令中 ADDR 还可以是常数 PORT: 常数
	SPA ADDR, PORT	将 CPU 口的站地址（PORT）设置为 ADDR 指定的数值	
时钟指令	TODR T	读当前时间和日期并把它装入一个 8 字节的缓冲区（起始地址为 T）	T: VB, IB, QB, MB, SB, SMB, LB, *VD, *AC, *LD
	TODW T	将包含当前时间和日期的一个 8 字节的缓冲区（起始地址是 T）装入时钟	
高速计数器 指令	HDEF HSC, MODE	为指定的高速计数器分配一种工作模式。每个高速计数器使用之前必须使用 HDEF 指令，且只能使用一次	HSC: 常数 (0~5) MODE: 常数 (0~11)
	HSC N	根据高速计数器特殊存储器位的状态，按照 HDEF 指令指定的工作模式，设置和控制高速计数器。N 指定了高速计数器号	N: 常数 (0~5)



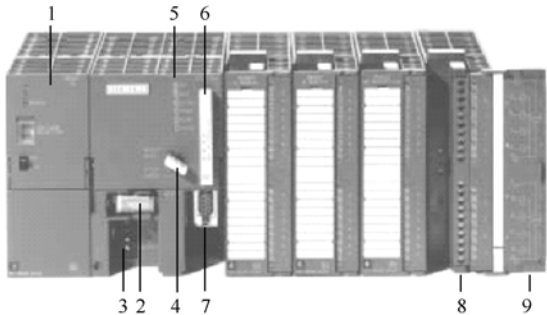
续表

名 称	指令格式 (语句表)	功 能	操 作 数
高速脉冲输出指令	PLS Q	检测用户程序设置的特殊存储器位，激活由控制位定义的脉冲操作，从 Q0.0 或 Q0.1 输出高速脉冲 可用于激活高速脉冲串输出（PTO）或宽度可调脉冲输出（PWM）	Q: 常数（0 或 1）
PID 回路指令	PID TBL, LOOP	运用回路表中的输入和组态信息，进行 PID 运算。 要执行该指令，逻辑堆栈顶（TOS）必须为 ON 状态。 TBL 指定回路表的起始地址，LOOP 指定控制回路号 回路表包含 9 个用来控制和监视 PID 运算的参数： 过程变量当前值（PV _n ），过程变量前值（PV _{n-1} ），给定值（SP _n ），输出值（M _n ），增益（K _c ），采样时间（T _s ），积分时间（T _i ），微分时间（T _d ）和积分项前值（MX）。 为使 PID 计算以所要求的采样时间进行，应在定时中断执行中断服务程序或在由定时器控制的主程序中完成，其中定时时间必须填入回路表中，以作为 PID 指令的一个输入参数	TBL: VB LOOP: 常数（0~7）

4.4 SIMATIC S7-300 PLC 硬件构成

1. S7-300 PLC 的组成

主要组成部分有导轨(RACK)、电源模块(PS)、中央处理单元 CPU 模块、接口模块(IM)、信号模块 (SM)、功能模块 (FM) 等，如图 4-13 所示。S7-300 的 CPU 模块（简称 CPU）都有一个编程用的 RS-485 接口，有的有 PROFIBUS-DP 接口或串行通信接口，可以建立一个 MPI（多点接口）网络或 DP 网络。通过 MPI 网或 DP 网络的接口直接与编程器 PG、操作员面板 OP 和其他 S7-PLC 相连。



1—电源模块；2—后备电池；3—24V DC 连接器；4—模式开关；5—状态和故障指示灯；
6—存储器卡（CPU313 以上）；7—MPI 多点接口；8—前连接器；9—前盖

图 4-13 S7-300 PLC 的组成



2. S7-300 CPU 的分类和使用

(1) S7-300 CPU 的功能分类

1) 紧凑型 CPU: CPU312C、313C、313C-PtP、313C-2DP、314C-PtP 和 314C-2DP。各 CPU 均有计数、频率测量和脉冲宽度调制功能。有的有定位功能, 有的带有 I/O。

2) 标准型 CPU: CPU312、313、314、315、315-2DP 和 316-2DP。

3) 户外型 CPU: CPU312 IFM、314 IFM、314 户外型和 315-2DP。在恶劣的环境下使用。

4) 高端 CPU: CPU317-2DP 和 CPU318-2DP。

5) 故障安全型 CPU: CPU315F。

(2) S7-300 功能

S7-300 功能最强的 CPU 的 RAM 为 512KB, 最大有 8192 个存储器位、512 个定时器和 512 个计数器, 数字量最大为 65 536, 模拟量通道最大为 4096。有 350 多条指令。计数器的计数范围为 1~999, 定时器的定时范围为 10ms~9990s。

1) 模块诊断功能。可以诊断出以下故障: 失压, 熔断器熔断, 看门狗故障, EPROM、RAM 故障。模拟量模块共模故障、组态/参数错误、断线、上下溢出。

2) 过程中断。数字量输入信号上升沿、下降沿中断, 模拟量输入超限, CPU 暂停当前程序, 处理 OB40。

(3) 状态与故障显示 LED

1) SF (系统出错/故障显示, 红色): CPU 硬件故障或软件错误时亮。

2) BATF (电池故障, 红色): 电池电压低或没有电池时亮。

3) DC 5V (+5V 电源指示, 绿色): 5V 电源正常时亮。

4) FRCE (强制, 黄色): 至少有一个 I/O 被强制时亮。

5) RUN (运行方式, 绿色): CPU 处于 RUN 状态时亮; 重新启动时以 2Hz 的频率闪亮; HOLD (单步、断点) 状态时以 0.5Hz 的频率闪亮。

6) STOP (停止方式, 黄色): CPU 处于 STOP、HOLD 状态或重新启动时常亮。

7) BUSF (总线错误, 红色)。

(4) 模式选择开关

1) RUN-P (运行-编程) 位置: 运行时还可以读出和修改用户程序, 改变运行方式。

2) RUN (运行) 位置: CPU 执行、读出用户程序, 但是不能修改用户程序。

3) STOP (停止) 位置: 不执行用户程序, 可以读出和修改用户程序。

4) MRES (清除存储器): 不能保持。将钥匙开关从 STOP 状态搬到 MRES 位置, 可复位存储器, 使 CPU 回到初始状态。

复位存储器操作: 通电后从 STOP 位置扳到 MRES 位置, “STOP” LED 熄灭 1s, 亮 1s, 再熄灭 1s 后保持亮。放开开关, 使它回到 STOP 位置, 然后又回到 MRES, “STOP” LED 以 2Hz 的频率至少闪亮 3s, 表示正在执行复位, 最后 “STOP” LED 一直亮。

PLC 使用的物理存储有器有: RAM、ROM、快闪存储器 (Flash-EPROM) 和 EEPROM。



3. S7-300 的输入/输出模块

(1) 数字量输入/输出模块

输入/输出模块统称为信号模块（SM）。前连接器插在前盖后面的凹槽内，一个编码元件与之啮合，该连接器只能插入同类模块。典型数字量输入/输出模块电路如图 4-14 和图 4-15 所示。

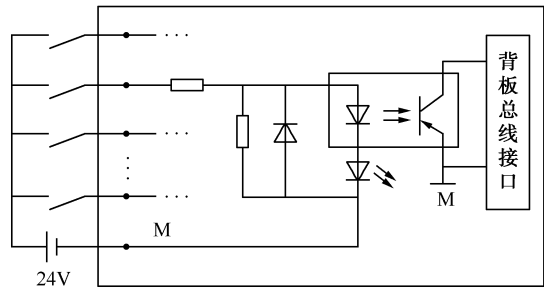


图 4-14 数字量输入模块

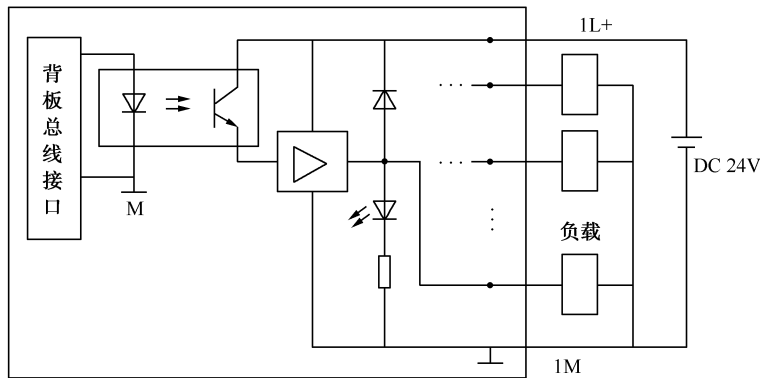


图 4-15 数字量输出模块

(2) 模拟量模块

下面以 SM331 模拟量输入模块为例介绍模拟量模块的使用。

1)通过量程卡上的适配开关可以设定测量的类型和范围

没有量程卡的模拟量模块具有适应电压和电流测量的不同接线端子，这样，通过正确地连接有关端子可以设置测量的类型。具有适配开关的量程卡安放在模块的左侧，在安装模块前必须正确地设置它。允许的设置为“A”、“B”、“C”和“D”。关于设置不同的测量类型及测量范围的简要说明印在量程卡上。在一些模块上，几个通道被组合在一起构成一个通道组。此时，适配开关的设定应用于整个通道组。如图 4-16 所示。

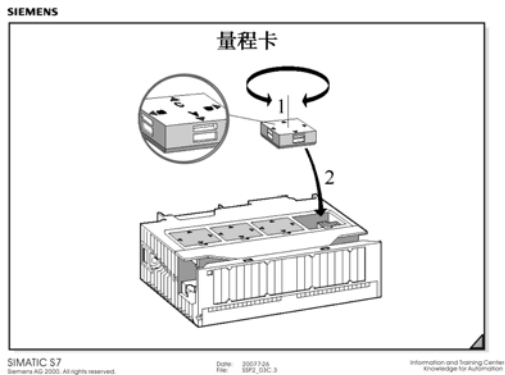


图 4-16 设置测量类型



模拟量输入模块测量的类型和范围见表 4-22 和表 4-23。

表 4-22 双极性测量的范围

范 围	双 极 性					
	百分比	十进制	十六进制	$\pm 5\text{V}$	$\pm 10\text{V}$	$\pm 20\text{V mA}$
上溢出	118.515%	32 767	7F FFH	5.926V	11.851V	23.70 mA
超出范围	117.589%	32 511	7E FFH	5.879V	11.759V	23.52 mA
正常范围	100.000%	27 648	6C 00H	5V	10V	20 mA
	0%	0	0H	0V	0V	0 mA
	-100.000%	-27 648	9 400H	-5V	-10V	-20 mA
低于范围	-117.593%	-32 512	8 100H	-5.879V	-11.759V	-23.52 mA
下溢出	-118.519%	-32 768	8 000H	-5.926V	-11.851V	-23.70 mA

表 4-23 单极性测量的范围

范 围	单 极 性					
	百分比	十进制	十六进制	0~10V	0~20 mA	4~20 mA
上溢出	118.515%	32 767	7F FFH	11.852V	23.70 mA	22.96 mA
超出范围	117.589%	32 511	7E FFH	11.759V	23.52 mA	22.81 mA
正常范围	100.000%	27 648	6C 00H	10V	20 mA	20 mA
	0%	0	0H	0V	0 mA	4 mA
低于范围	-17.593%	-4864	ED 00H		-3.52 mA	1.185 mA

2) 地址范围

S7-300 为模拟量输入和输出保留了特定的地址区域，以便与数字模块的输入、输出映像区的地址（PII/PIQ）相区别。地址从字节 256 开始，每个模拟量通道占两个字节。可通过硬件组态来确定具体的模拟量输入和输出地址。

可以用装载和传送指令来访问模拟模块，例如：指令“L PIW256”读取机架 0 上第一个模块 1 通道的值。S7-400 模拟量模块的地址区域从字节 512 开始。

3) 模拟量输入模块的参数设置

① 模块诊断与中断的设置。

② 模块测量范围的选择。“4DMU”是 4 线式传感器电流测量，“R-4L”是 4 线式热电阻，“TC-I”是热电偶，“E”表示测量种类为电压。未使用某一组的通道应选择测量种类中的“Deactivated”（禁止使用）。

③ 模块测量精度与转换时间的设置。SM331 采用积分式 A/D 转换器，积分时间直接影响到 A/D 转换时间、转换精度和干扰抑制频率。为了抑制工频频率，一般选用 20ms 的积分时间。

④ 设置模拟值的平滑等级。在平滑参数的四个等级（无，低，平均，高）中进行选择。

4) 设置的对称电压或电流的范围

可设置的对称电压或电流的范围：（对称的） $\pm 80\text{mV}$ 、 $\pm 2.5\text{V}$ 、 $\pm 3.2\text{mA}$ 、 $\pm 250\text{mV}$ 、 $\pm 5\text{V}$ 、 $\pm 10\text{mA}$ 、 $\pm 500\text{ mV}$ 、 $\pm 10\text{V}$ 、 $\pm 20\text{ mA}$ 、 $\pm 1\text{ V}$ 。



转换结果的额定范围-27 648~+27 648。

可设置的不对称的电压或电流的范围：（不对称的）0~2 V、0~20 mA、1~5 V、4~20 mA。

转换结果的额定范围 0~+27 648。

可设置的电阻值的范围：0~150Ω、0~300Ω、0~600Ω

转换结果的额定范围 0~+27 648。

如果温度用热电阻或热电偶来测量，转换结果的额定值用温度的十倍值表示，见表 4-24。

表 4-24 热电阻或热电偶测量温度范围和转换结果

传 感 器	温度范围	转换结果的额定范围
Pt100	-200~+850℃	-2000~+ 8500
Ni100	-60~+250℃	-600~ + 2500
K 型热电偶	-270~+1372℃	-2700~+ 13720
N 型热电偶	-270~+1300℃	-2700~+ 13 000
J 型热电偶	-210~+1200℃	-2100~+ 12 000
E 型热电偶	-270~+1000℃	2700~+ 10 000

4. S7-300 模块地址的确定

CPU315 一个机架上最多只能安装 8 个信号模块或功能模块，最多可以扩展为 4 个机架。中央处理单元总是在 0 机架的 2 号槽位上，1 号槽安装电源模块，3 号槽总是安装接口模块，槽号 4~11，可自由分配信号模块、功能块。

数字 I/O 模块每个槽划分为 4 个字节（等于 32 个 I/O 点），模拟 I/O 模块每个槽划分为 16 个字节（等于 8 个模拟量通道），每个模拟量输入或输出通道的地址总是一个字地址。数字量模块从 0 号机架的 4 号槽开始，每个槽位分配 4 个字节的地址，32 个 I/O 点。模拟量模块一个通道占一个字地址。从 IB256 开始，给每一个模拟量模块分配 8 个字。一个数字量模板的输入/输出地址由字节地址和位地址组成。字节地址取决于其模板起始地址。模拟量输入/输出通道的地址总是一个字地址。通道地址取决于模板的起始地址。见表 4-25。我们可以使用 step 7 进行硬件组态，设定或修改模块地址。

表 4-25 模块地址分配

机 架	模板起始 地址	槽 号										
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
0	数字量 模拟量	PS	CPU	IM	0 256	4 272	8 288	12 304	16 320	20 336	24 352	28 368
1	数字量 模拟量			IM	32 384	36 400	40 416	44 432	48 448	52 464	56 480	60 496
2	数字量 模拟量			IM	64 512	68 528	72 544	76 560	80 576	84 592	88 608	92 624
3	数字量 模拟量			IM	96 640	100 656	104 672	108 688	112 704	116 720	120 736	124 752



4.5 S7-300 PLC 组织块与存储区

1. S7-300 编程方式简介

S7-300 PLC 的编程软件是 STEP 7。用户程序由组织块 (OB)、功能块 (FB, FC)、数据块 (DB) 构成。OB 是系统操作程序与用户应用程序在各种条件下的接口, 用于控制程序的运行。OB1 是主程序循环块, 在任何情况下, 它都是需要的。功能块 (FB, FC) 实际上是用户子程序, 分为带“记忆”的功能块 FB 和不带“记忆”的功能块 FC。前者有一个数据结构与该功能块的参数表完全相同的数据块 (DB), 附属于该功能块, 并随着功能块的调用而打开, 随着功能块的结束而关闭。该附属数据块 (DB) 叫做背景数据块, 存在背景数据块中的数据在 FB 块结束时继续保持。功能块 FC 没有背景数据块, 当 FC 完成操作后数据不能保持。数据块 (DB) 是用户定义的用于存放数据的存储区。另外 S7 CPU 还提供标准系统功能块 (SFB, SFC)。

2. 组织块与中断处理

(1) 组织块与中断处理的定义

组织块是操作系统与用户程序之间的接口。用组织块可以响应延时中断、外部硬件中断和错误处理等。

中断处理用来实现对特殊内部事件或外部事件的快速响应。CPU 检测到中断请求时立即响应中断, 调用中断源对应的中断程序 (OB)。执行完中断程序后, 返回被中断的程序。中断源包括 I/O 模块的硬件中断和软件中断, 例如日期时间中断、延时中断、循环中断和编程错误引起的中断。

中断优先级的顺序 (后面的比前面的优先) 为: 背景循环、主程序扫描循环、日期时间中断、延时中断、循环中断、硬件中断、多处理器中断、I/O 冗余错误、异步故障 (OB80~OB87)、启动和 CPU 冗余, 背景循环的优先级最低。日期时间中断和延时中断有专用的允许处理中断和禁止中断的系统功能 (SFC)。SFC 39 “DIS_INT” 用来禁止所有的中断、某些优先级范围的中断或指定的某个中断。SFC 40 “EN_INT” 用来激活 (使能) 新的中断和异步错误处理。如果用户希望忽略中断可以下载一个只有块结束指令的空 OB。

(2) 组织块的分类

组织块只能由操作系统启动, 它由变量声明表 and 用户编写的控制程序组成。可分为以下几类:

- 1) 启动组织块 OB100~OB102;
- 2) 循环执行的组织块;
- 3) 定期执行的组织块;
- 4) 事件驱动的组织块延时中断、硬件中断、异步错误中断 OB80~OB87, 以及同步错误中断 OB121 和 OB122。

(3) 日期时间中断组织块 (OB10~OB17)

CPU 可以使用的日期时间中断 OB 的个数与 CPU 的型号有关。S7-300 只能用 OB10。可以在某一特定的日期和时间执行一次, 也可以从设定的日期时间开始, 周期性地重复执行, 例如每分钟、每小时、每天, 甚至每年执行一次。可以用 SFC28~SFC30 取消、重新设置或



激活日期时间中断。

(4) 延时中断组织块 (OB20~OB23)

用于在用户程序中编写定时执行的程序，延时中断以 ms 为单位定时。CPU 可以使用的延时中断 OB 的个数与 CPU 的型号有关。用 SFC 32 “SRT_DINT” 启动，经过设定的时间触发中断，调用 SFC32 指定的 OB。延时中断可以用 SFC 33 “CAN_DINT” 取消。用 SFC34 “QRY_DINT” 查询延时中断的状态。

(5) 循环中断组织块 (OB30~OB38)

用于按一定时间间隔中断循环程序的执行，CPU 可以使用的日期时间中断 OB 的个数与 CPU 的型号有关。设 OB38 和 OB37 的时间间隔分别为 10ms 和 20ms，它们的相位偏移分别为 0ms 和 3ms。OB38 分别在 10ms, 20ms, …, 60ms 时产生中断，而 OB37 分别在 23ms, 43ms, 63ms 时产生中断。可以用 SFC40 和 SFC39 来激活和禁止循环中断。

(6) 硬件中断组织块 (OB40~OB47)

硬件中断组织块 (OB40~OB47) 用于快速响应信号模块 (SM，即输入/输出模块)、通信处理器 (CP) 和功能模块 (FM) 的信号变化。硬件中断被模块触发后，操作系统将自动识别是哪一槽的模块和模块中哪一个通道产生的硬件中断。硬件中断 OB 执行完后，将发送通道确认信号。

如果正在处理某一中断事件，又出现了同一模块同一通道产生的完全相同的中断事件，新的中断事件将丢失。如果正在处理某一中断信号时同一模块中其他通道或其他模块产生了中断事件，当前已激活的硬件中断执行完后，再处理暂存的中断。

(7) 启动组织块 (OB100~OB102)

在暖启动、热启动或冷启动时，操作系统分别调用 OB100，OB101 或 OB102。

(8) 异步错误组织块 (OB70~OB87/OB121~OB122)

S7-300/400 有很强的错误 (或称故障) 检测和处理能力。它能够检测和处理 PLC 内部的功能性错误或编程错误，而非外部设备的故障。CPU 检测到错误后，操作系统调用对应的组织块，用户可以在组织块中编程，对发生的错误采取相应的措施。对于大多数错误，如果没有给组织块编程，出现错误时 CPU 将进入 STOP 模式。

为避免发生某种错误时 CPU 进入停机状态，可以在 CPU 中建立一个对应的空的组织块。错误组织块见表 4-26。

表 4-26 错误处理组织块

OB 号	错误类型	OB 号	错误类型
OB70	I/O 冗余错误 (仅 H 系列 CPU)	OB83	插入/取出模块中断
OB72	CPU 冗余错误 (仅 H 系列 CPU)	OB84	CPU 硬件故障
OB73	通信冗余错误 (仅 H 系列 CPU)	OB85	优先级错误
OB80	时间错误	OB86	机架故障或分布式 I/O 的站故障
OB81	电源故障	OB87	通信错误
OB82	诊断中断		



3. S7-300 PLC 的存储区

(1) 存储区的分类

S7-300 CPU 有下列 3 个基本存储区：

- 1) 系统存储区：RAM 类型，用于存放操作数据（I/O、位存储、定时器、计数器等）。
- 2) 装载存储区：物理上是 CPU 模块中的部分 RAM，加上内置的 EEPROM 或选用的可拆卸 FEPR0M 卡，用于存放用户程序。
- 3) 工作存储区：物理上是占用 CPU 模块中的部分 RAM，其存储内容是 CPU 运行时所执行的用户程序单元（逻辑块和功能块）的复制件。

(2) 存储区的功能

CPU 程序所能访问的存储区为系统存储区的全部、工作存储区中的数据块 DB、暂时局部数据存储区、外设 I/O 存储区等。CPU 程序可访问的存储区及其功能见表 4-27。

表 4-27 CPU 程序可访问的存储区及其功能

名 称	存 储 区	存储区功能
输入 (I)	输入过程映像表	扫描周期开始，操作系统读取过程输入值并录入表中，在处理过程中，程序使用这些值 每个 CPU 周期，输入存储区在输入映像表中所存放的输入状态值，它们是外设输入存储区的头 128B 的映像，I 和 Q 均以按位、字节、字和双字来存取，如 I0.0, IB0, IW0 和 ID0
输出 (Q)	输出过程映像表	在扫描周期中，程序计算输出值并存放在该表中，在扫描周期结束后，操作系统从表中读取输出值，并传送到过程输出口，过程输出映像表是外设输出存储区的头 128B 的映像
位存储区 (M)	存储位	存放程序运算的中间结果
外设输入 (PI) 外设输出 (PQ)	I/O: 外设输入 I/O: 外设输出	外设存储区允许直接访问现场设备（物理的或外部的输入和输出），外设存储区可以字节、字和双字格式访问，但不可以位方式访问
定时器 (T)	定时器	为定时器提供存储区 计时时钟访问该存储区中的计时单元，并以减法更新计时值； 定时器指令可以访问该存储区和计时单元，时间值可以用二进制或 BCD 码方式读取
计数器 (C)	计数器	为计数器提供存储区，计数指令访问该存储区，计数值（0~999）可以用二进制或 BCD 码方式读取
临时本地数据 (L)	本地数据堆栈 (L 堆栈)	在 FB、FC 可 OB 运行时设定。在块变量声明表中声明的暂时变量存在该存储区中，提供空间以传送某些类型参数和存放梯形图中间结果。块结束执行时，临时本地存储区再行分配。不同的 CPU 提供不同数量的临时本地存储区
数据块 (DB)	数据块	DB 块存放程序数据信息，可被所有逻辑块公用（“共享”数据块）或被 FB 特定占用“背景”数据块，如 DBX2.3, DBB5, DBW10 和 DBD12



4.6 S7-300 PLC 进制数和数据类型

1. S7-300 PLC 进制数

(1) 二进制数

二进制数的 1 位 (bit) 只能取 0 和 1 这两个不同的值, 用来表示开关量的两种不同状态。
如二进制常数: 2#1111_0110_1001_0001。

(2) 十六进制数

十六进制的 16 个数字是 0~9 和 A~F, 每个数字占二进制数的 4 位。
如 B#16#, W#16#, DW#16#, W#16#13AF (13AFH), 逢 16 进 1。

(3) BCD 码

BCD 码用 4 位二进制数表示一位十进制数, 十进制数 9 对应的二进制数为 1001。BCD 码实际上是十六进制数, 但是各位之间逢十进一。

2. 基本数据类型

(1) 位 (bit)

位数据的数据类型为 BOOL (布尔) 型。如图 4-17 所示。

(2) 字节 (Byte)

8 位数据, 取值范围为 0~256。如图 4-17 所示。

(3) 字 (Word) 表示无符号数

取值范围为 W#16#0000~W#16#FFFF。如图 4-18 所示。

(4) 双字 (Double Word) 表示无符号数

范围 DW#16#0000_0000~DW#16#FFFF_FFFF。

(5) 16 位整数 (INT, Integer) 是有符号数, 补码

最高位为符号位, 为 0 时为正数, 取值范围为-32 768~32 767。

(6) 32 位整数 (DINT, Double Integer)

最高位为符号位, 取值范围为-2 147 483 648~2 147 483 647。

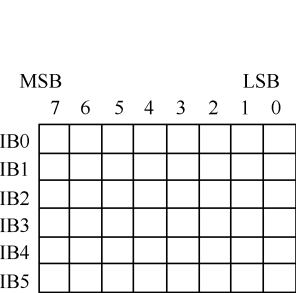


图 4-17 位、字节数据类型

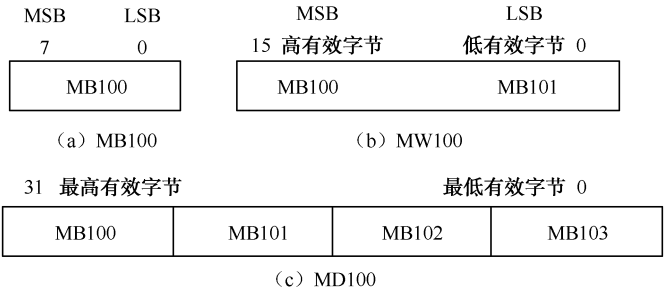


图 4-18 字节、字和双字数据类型



(7) 32 位浮点数

浮点数又称实数 (REAL)，表示为 $1.m \times 10^n$ ，例如 123.4 可表示为 1.234×10^2 。

浮点数的表示范围为 $\pm 1.175\,495 \times 10^{38} \sim \pm 3.402\,823 \times 10^{38}$ 。用很小的存储空间 (4 个字节) 可以表示非常大和非常小的数。PLC 输入和输出的数值大多是整数，浮点数的运算速度比整数的运算速度慢。

(8) 常数

L#为 32 位双整数常数，如 L#+6。

P#为地址指针常数，如 P#M4.0 是 M4.0 的地址。

S5T#是 16 位 S5 时间常数，格式为 S5T#aD_bH_cM_dS_eMS。S5T#6S30MS = 6s30ms，取值范围为 S5T#0~S5T#2H_46M_30S_0MS (9990s)，时间增量为 10ms。

C#为计数器常数 (BCD 码)，如 C#250。

8 位 ASCII 字符用单引号表示，如 'ABC'。

T#为带符号的 32 位 IEC 时间常数，例如 T#1D_12H_30M_0S_250MS，时间增量为 1ms。

DATE 是 IEC 日期常数，例如 D#2004-1-15。取值范围为 D#1990-1-1~D#2168-12-31。

TOD#是 32 位实时时间 (Time of day) 常数，时间增量为 1ms，如 TOD#23:50:45.300。

B (b1, b2)、B (b1, b2, b3, b4) 用来表示 2 个字节或 4 个字节常数。

3. 复合数据类型与参数类型

(1) 复合数据类型

通过组合基本数据类型和复合数据类型可以生成下面的数据类型：

- 1) 数组 (ARRAY) 将一组同一类型的数据组合在一起，形成一个单元。
- 2) 结构 (STRUCT) 将一组不同类型的数据组合在一起，形成一个单元。
- 3) 字符串 (STRING) 是最多有 254 个字符 (CHAR) 的一维数组。
- 4) 日期和时间 (DATE_AND_TIME) 用于存储年、月、日、时、分、秒、毫秒和星期，占用 8 个字节，用 BCD 格式保存。星期天的代码为 1，星期一至星期六的代码为 2~7。如 DT#2007-07-15-12:30:15.200 为 2007 年 7 月 15 日 12 时 30 分 15.2 秒。

5) 用户定义的数据类型 UDT (User-defined Data Types)。在数据块 DB 和逻辑块的变量声明表中定义复合数据类型。

(2) 参数类型

为在逻辑块之间传递参数的形参 (Formal Parameter，形式参数) 定义的数据类型：

- 1) TIMER (定时器) 和 COUNTER (计数器)：对应的实参 (Actual Parameter，实际参数) 应为定时器或计数器的编号，如 T3, C21。
- 2) BLOCK (块)：指定一个块用做输入和输出，实参应为同类型的块。
- 3) POINTER (指针)：指针用地址作为实参。如 P#M50.0。
- 4) ANY：用于实参的数据类型未知或实参可以使用任意数据类型的情况，占 10 个字节。



4.7 S7-300 PLC 指令结构

指令是程序的最小独立单位，用户程序是由若干条顺序排列的指令构成的。

1. 指令的组成

(1) 语句指令

语句指令用助记符表示 PLC 要完成的操作。

指令：操作码+操作数

操作码用来指定要执行的功能，告诉 CPU 该进行什么操作；操作数内包含为执行该操作所必需的信息，告诉 CPU 用什么地方的数据来执行此操作。

(2) 梯形图指令

梯形图指令用图形元素表示 PLC 要完成的操作。在梯形图指令中，其操作码是用图素表示的，该图形形象地表明 CPU 做什么，其操作数的表示方法与语句指令相同。

2. 操作数

(1) 标识符

标识符有 I、Q、PI、PQ、M、T、C、L、DB 几种。其中 I 表示输入过程映像存储区，Q 表示输出过程映像存储区，PI 表示外部输入，PQ 表示外部输出，M 表示位存储区，T 表示定时器，C 表示计数器，L 表示本地数据，DB 表示数据块，B 表示字节，W 表示字，D 表示双字。

PLC 物理存储器是以字节为单位的，当操作数长度是字或双字时，标识符后给出的标识参数是字或双字内的最低字节单元号。当使用宽度是字或双字的地址时，应保证没有生成任何重叠的字节分配，以免造成数据读/写错误。

(2) 操作数的表示法

操作数既可以用物理地址（绝对地址），也可以用符号地址（必须先定义后使用，而且符号名必须是唯一的，符号名最长可达 24 个字符）。引号（“”）不允许使用。可以输入注释简单地解释该符号的功能（最多 80 个字符）。

使用菜单命令 **View>Display>Symbolic Representation**，可以在所有声明的符号地址和绝对地址之间进行切换。

3. 寻址方式

寻址方式是指令得到操作数的方式。S7 寻址方式有立即寻址（操作数本身直接包含在指令中）、直接寻址（指令中直接给出操作数的存储单元地址）、存储器间接寻址，以及寄存器间接寻址四种。

S7 指令的操作对象包括常数、S7 状态字中的状态位、S7 的各种寄存器，以及功能块 FB、FC 和系统功能块 SFB、SFC、S7 的各存储区单元。



4. 状态字

状态字用于表示 CPU 执行指令时所具有的状态。如图 4-19 所示。

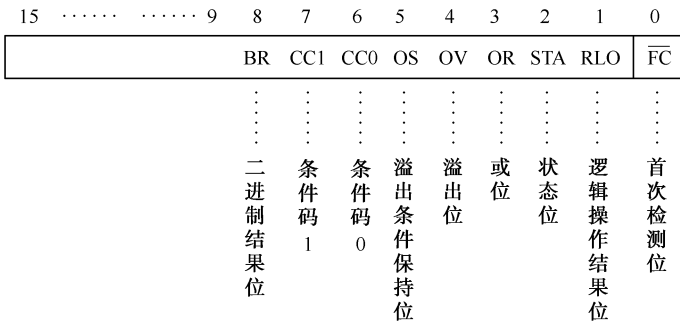


图 4-19 状态字

4.8 SIMATIC S7-300 PLC 指令

1. 位逻辑指令

位逻辑指令用于二进制数的逻辑运算。位逻辑运算的结果简称为 RLO。

(1) 触点与线圈

A（And，与）指令用来表示串联的常开触点。

O（Or，或）指令用来表示并联的常开触点。

AN（And Not，与非）用来表示串联的常闭触点。

ON（Or Not）用来表示并联的常闭触点。

触点与输出指令如图 4-20 所示。

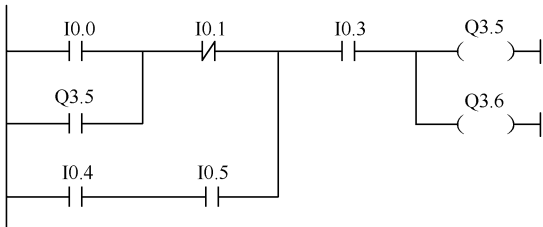


图 4-20 触点与输出指令

(2) 取反触点

取反触点如图 4-21 所示。

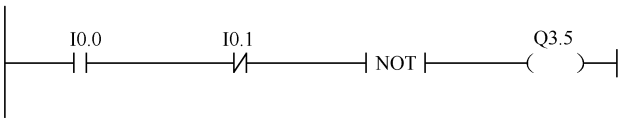


图 4-21 取反触点



(3) RLO 上升沿、下降沿检测指令

RLO 上升沿、下降沿检测指令见表 4-28。

表 4-28 RLO 上升沿、下降沿检测指令

LAD 指令	STL 指令	功能	操作数	数据类型	存储区
<位地址> - (P) -	FP<位地址>	RLO 上升沿检测	<位地址>存储旧 RLO 的边沿存储位	BOOL	I、Q、M、D、L
<位地址> - (N) -	FN<位地址>	RLO 下降沿检测	<位地址>	BOOL	I、Q、M、D、L

RLO 上升沿检测指令识别 RLO 从 0~1 (上升沿) 的信号变化, 并且在操作之后以 RLO=1 表示这一变化。用边沿存储位比较 RLO 现在的信号状态与该地址上周期的信号状态, 如果操作之前地址的信号状态是 0, 并且现在 RLO=1, 那么操作之后, RLO 将为 1 (脉冲), 所有其他的情况为 0。在该操作之前, RLO 存储于地址中。

RLO 下降沿检测指令识别 RLO 从 1~0 (下降沿) 的信号变化, 并且在操作之后以 RLO=1 表示这一变化。用边沿存储位比较 RLO 现在的信号状态与该地址上周期的信号状态, 如果操作之前地址的信号状态是 1, 并且现在 RLO=0, 那么操作之后, RLO 将为 1 (脉冲), 所有其他的情况为 0。在该操作之前, RLO 存储于地址中。

如果 RLO 在相邻的两个扫描周期中相同 (全为 1 或 0), 那么 FP 或 FN 语句把 RLO 位清零。

上升沿与下降沿检测如图 4-22 所示。

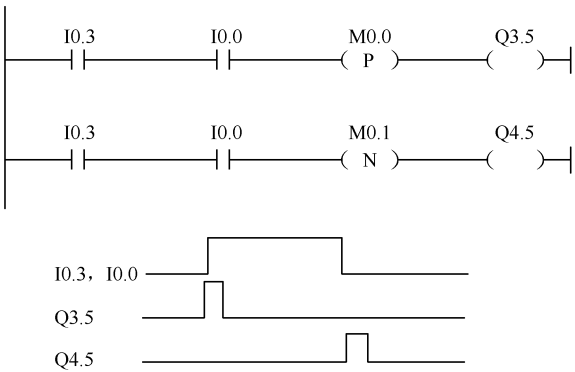


图 4-22 上升沿与下降沿检测

(4) 地址上升沿、下降沿检测指令

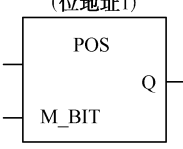
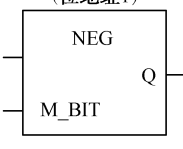
地址上升沿、下降沿检测指令见表 4-29。

地址上升沿检测指令将<位地址 1>的信号状态与存储在<位地址 2>中的先前信号状态检查时的信号状态比较。如果有从 0~1 的变化, 输出 Q 则为 1, 否则为 0。

地址下降沿检测指令将<位地址 1>的信号状态与存储在<位地址 2>中的先前信号状态检查时的信号状态比较。如果有从 1~0 的变化, 输出 Q 则为 1, 否则为 0。



表 4-29 地址上升沿、下降沿检测指令

地址上升沿检测	参 数	数据类型	存 储 区
	位地址 1 被检测的位	BOOL	L, Q, M, D, L
	位地址 2 存储被检测位上一个扫描周期的状态	BOOL	Q, M, D
	Q 单稳输出	BOOL	I, Q, M, D, L
地址下降沿检测	参 数	数据类型	存 储 区
	位地址 1 被检测的位	BOOL	L, Q, M, D, L
	位地址 2 存储被检测位上一个扫描周期的状态	BOOL	Q, M, D
	Q 单稳输出	BOOL	I, Q, M, D, L

在梯形图中，地址跳变沿检测方块和 RS 触发器方块可被看做一个特殊常开触点。该常开触点的特性为：若方块的 Q 为 1，触点闭合；若 Q 为 0，则触点断开。

上升/下降沿检测指令在许多设备控制应用广泛，如检测位置与行程中仅检测一次动作时，往往将该信号转换成上升沿或下降沿脉冲后再使用，上升沿脉冲可以表示到达信号，下降沿脉冲可以表示离开信号。

2. 定时器指令

定时器是实现 PLC 具有计时功能的计时设备，定时器还可产生一定宽度的脉冲，也可测量时间。定时器是一种由位和字组成的复合单元，定时器的触点由位表示，其定时时间值存储在字存储器中。

S7 定时器的种类包括脉冲定时器（SP）、扩展脉冲定时器（SE）、接通延时定时器（SD）、保持型接通延时定时器（SS）和关断延时定时器（SF）。

（1）定时器组成

在 CPU 的存储器中留出了定时器区域，该区域用于存储定时器的定时时间值。每个定时器为 2B，称为定时字。在 S7-300 中，定时器区为 512B，因此最多允许使用 256 个定时器。S7 中定时时间由时基和定时值两部分组成，定时时间等于时基与定时值的乘积。当定时器运行时，定时值不断减 1，直至减到 0，减到 0 表示定时时间到。定时时间到后会引起定时器触点的动作。

定时器的 0~11 位存放二进制格式的定时值，第 12、13 位存放二进制格式的时基。定时器字如图 4-23 所示。时基与定时范围见表 4-30。

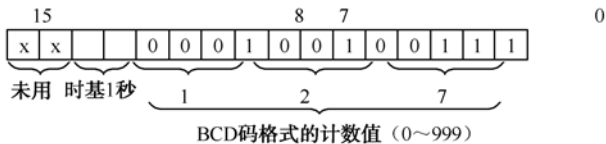


图 4-23 定时器字



表 4-30 时基与定时范围

时 基	时基的二进制代码	分 辨 率	定时范围
10ms	00	0.01s	10ms~9s_990ms
100ms	01	0.1s	100ms~1m_39s_900ms
1s	10	1s	1s~16m_39s
10s	11	10s	10s~2h_46m_30s

在 CPU 内部，时间值以二进制格式存放，占定时器字的 0~9 位。可以按下列的形式将时间预置值装入累加器的低位字：

- 1) 十六进制数 W#16#wxyz，其中的 w 是时间基准，xyz 是 BCD 码形式的时间值。
- 2) S5T#aH_bM_cS_Dms，如 S5T#18S。

时基代码为二进制数 00, 01, 10 和 11 时，对应的时基分别为 10ms, 100ms, 1s 和 10s。

(2) 定时器启动与运行

PLC 中的定时器相当于时间继电器。在使用时间继电器时，要为其设置定时时间，当时间继电器的线圈通电后，时间继电器被启动。若定时时间到，继电器的触点动作。当时间继电器的线圈断电时，也将引起其触点的动作。该触点可以在控制线路中控制其他继电器。

(3) 定时器启动指令及工作特点

定时器启动指令见表 4-31。

表 4-31 定时器启动指令

LAD 指令	STL 指令	功 能
T no. --- (SP) 时间值	SP T no.	启动脉冲定时器
T no. --- (SE) 时间值	SE T no.	启动扩展脉冲定时器
T no. --- (SD) 时间值	SD T no.	启动接通延时定时器
T no. --- (SS) 时间值	SS T no.	启动保持型接通延时定时器
T no. --- (SF) 时间值	SF T no.	启动关断延时定时器
	FR T no.	允许再启动定时器

各种定时器的工作特点如图 4-24 所示。



图 4-24 定时器的工作特点

(4) 定时器的梯形图方块指令

定时器的梯形图方块指令如图 4-25 所示。指令参数的数据类型见表 4-32。

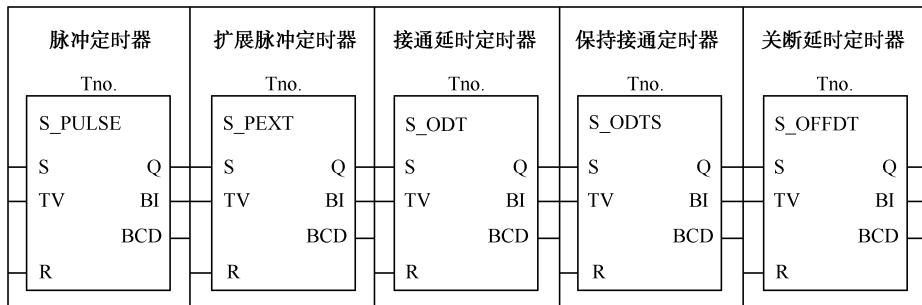


图 4-25 定时器的梯形图方块指令

表 4-32 指令参数的数据类型

参 数	数据类型	存储区	说 明
N0.	TIMER	T	定时器标识号,与 CPU 有关
S	BOOL	I,Q,M,D,L	启动输入
TV	S5TIME	I,Q,M,D,L	设定定时时间 (S5TIME 格式)
R	BOOL	I,Q,M,D,L	复位输入
Q	BOOL	I,Q,M,D,L	定时器状态输出
BI	WORD	I,Q,M,D,L	剩余时间输出 (二进制格式)
BCD	WORD	I,Q,M,D,L	剩余时间输出 (BCD 码格式)



(5) 定时器应用举例

用定时器可构成脉冲发生器，这里用了两个定时器产生频率占空比均可设置的脉冲信号。图 4-26 所示为脉冲发生器的时序图，当输入 I0.0 为 1 时,输出 Q0.0 为 1 或 0 交替进行，脉冲信号的周期为 3s，脉冲宽度为 1s。



图 4-26 脉冲发生器时序图

定时器梯形图程序如图 4-27 所示。

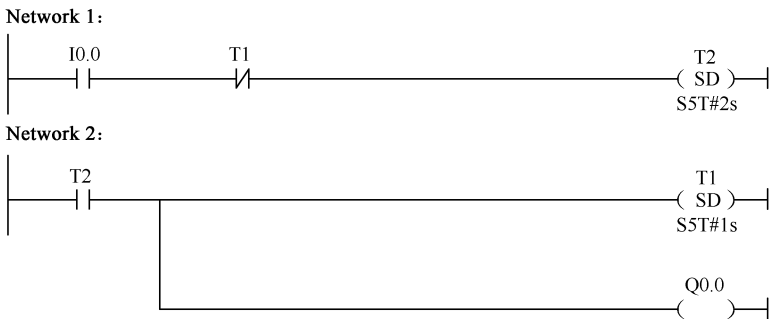


图 4-27 定时器梯形图程序

3. 计数器指令

每个计数器均有一个 16 位的字和一个二进制位。如图 4-28 所示。

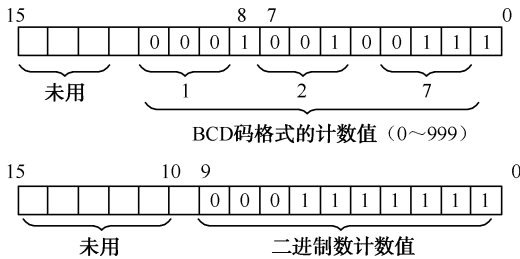


图 4-28 计数器存储区

计数器字的 0~11 位是计数值的 BCD 码，计数值的范围为 0~999。二进制格式的计数值只占用计数器字的 0~9 位。

如图 4-29 所示的是加计数器，设置计数值线圈 SC (Set Counter Value) 用来设置计数值，在 RLO 的上升沿预置值被送入指定的计数器。CU 的线圈为加计数器线圈。在 I0.0 的上升沿，如果计数值小于 999，计数值加 1。复位输入 I0.3 为 1 时，计数器被复位，计数值被清零。计数值大于 0 时计数器位（即输出 Q）为 1；计数值为 0 时，计数器位也为 0。

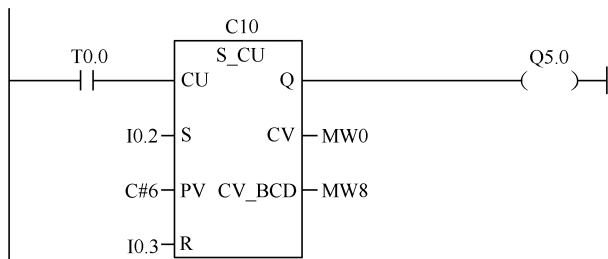


图 4-29 加计数器

4. 比较指令

比较指令用于比较累加器 1 与累加器 2 中的数据大小，被比较的两个数的数据类型应该相同。如果比较的条件满足，则 RLO 为 1，否则为 0。状态字中的 CC0 和 CC1 位用来表示两个数的大于、小于和等于关系，见表 4-33。

表 4-33 指令执行后的 CC1 和 CC0

CC1	CC0	比较指令	移位和循环移位指令	字逻辑指令
0	0	累加器 2=累加器 1	移出位为 0	结果为 0
0	1	累加器 2<累加器 1	—	—
1	0	累加器 2>累加器 1	—	结果不为 0
1	1	非法的浮点数	移出位为 1	—

梯形图中的方框比较指令可以比较整数（I）、双整数（D）和浮点数（R）。方框比较指令在梯形图中相当于一个常开触点，可以与其他触点串连和并联。如图 4-30 所示，输入 I0.6 为 1 时，执行比较指令，当 MW2<MW4 时，且 I0.3 为 1 时，Q4.1 得电为 1。

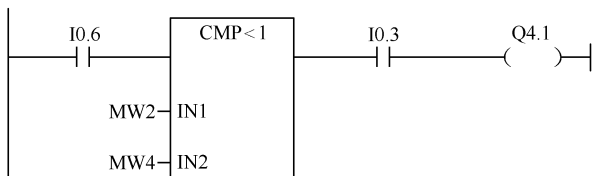


图 4-30 比较指令

第 5 章 西门子可编程控制器编程软件

5.1 S7-200 编程软件的使用

STEP7-Micro/WIN32 是工作于 Windows 平台下的应用软件，是 SIEMENS 公司专为 SIMATIC 系列 S7-200 研制开发出来的编程软件，它可以使用通用的个人计算机作为图形编辑器，用于在线（联机）或者离线（脱机）开发用户程序，并可以在线实时监控用户程序的执行状态。

5.1.1 安装编程软件

1. 安装编程软件

编程软件存储在一张光盘上，可将其安装在通用的个人计算机上。

（1）系统要求

操作系统要求：Windows 95、Windows 98、Windows ME 或 Windows 2000。

硬件配置要求：IBM486 以上兼容机，内存 8MB 以上，VGA 显示器，至少 50MB 以上硬盘空间，光驱，鼠标。

通信电缆：PC/PPI 电缆（或使用一个通信处理器卡），用于 PLC 和编程器（个人计算机）的连接。

（2）硬件连接

单台 PLC 与个人计算机的连接或通信，只需要一根 PC/PPI 电缆，首先设置 PC/PPI 电缆上的 DIP 开关，DIP 开关的第 1、2、3 位用于设定波特率，第 4、5 位置为 0。再将 PC/PPI 电缆的 PC 端与计算机的 RS232 通信口（COM1 或 COM2）连接。然后将 PPI 端与 PLC 的 RS-485 连接。

（3）软件安装

STEP 7-Micro/WIN32 编程软件的安装步骤为：

- ① 将存储编程软件的光盘放入光驱。
- ② 系统自动进入安装向导，按照安装向导完成软件的安装。
- ③ 或者单击“开始”按钮，选择“运行”，在对话框中键入 X:\setup （X 为光驱盘符）后单击“OK”按钮或按“Enter”键，进入安装向导，按照安装向导完成软件安装。
- ④ 软件安装结束后，会出现“浏览 Readme 文件”选项，可以选择使用德语、英语、法语、西班牙语和意大利语阅读 Readme 文件。



2. 软件功能

编辑软件的基本功能是在 Windows 平台下编制用户应用程序，它主要完成下列任务。

① 在离线（脱机）方式下创建、编辑和修改用户程序。在离线方式下，计算机不直接与 PLC 联系，可以实现对程序的编辑、编译、调试和系统组态，由于没有联机，所有的程序和参数都存储在计算机的存储器中。

② 在在线（联机）方式下通过联机通信的方式上传和下载用户程序及组态数据，编辑和修改用户程序。可以直接对 PLC 进行各种操作。

③ 在编辑程序过程中进行语法检查。为避免用户在编程过程中出现的一些语法错误和数据类型错误，要进行语法检查。使用梯形图编程时，在出现错误的地方自动加红色波浪线。使用语句表编程时，在出现错误的语句行前自动画上红色叉号，且在错误处加上红色波浪线。

④ 提供对用户程序进行文档管理，加密处理等工具功能。

⑤ 设置 PLC 的工作方式和运行参数，进行运行监控和强制操作等。

5.1.2 主界面

STEP 7-Micro/WIN32 的主界面如图 5-1 所示。一般可分为以下几个部分菜单条（含有 8 个主菜单选项）、工具条（快捷按钮），以及引导条（快捷操作窗口）。输出和用户窗口（可同时或分别打开 5 个用户窗口）。

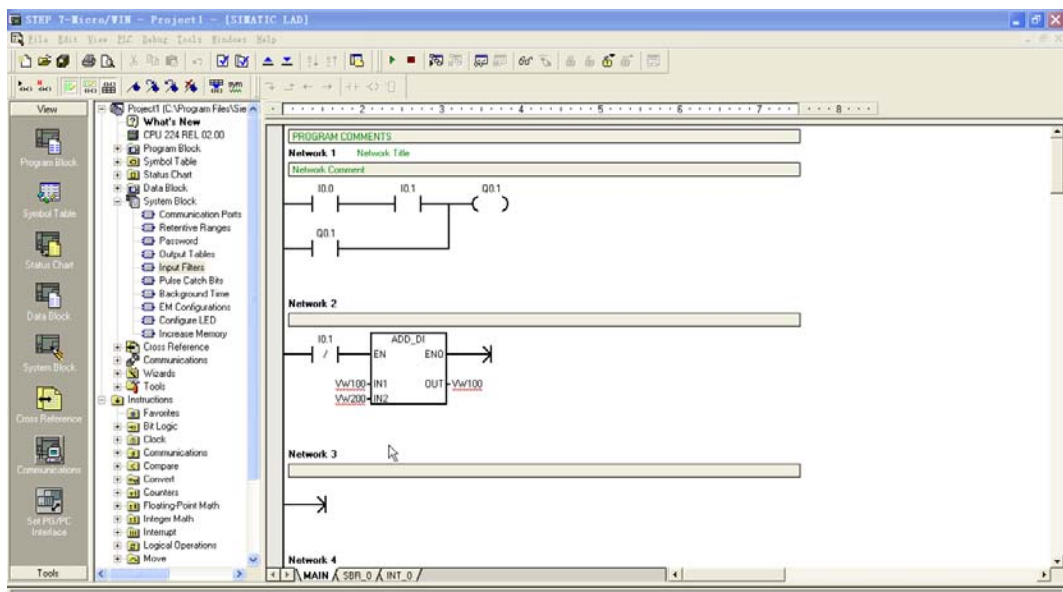


图 5-1 STEP 7-Micro/WIN32 的主界面

1. 菜单条

在菜单条中有 8 个主菜单选项。

（1）文件（File）

用鼠标单击（或对应的快捷键操作）菜单条中的“File”选项，出现一个下拉菜单，可



分别选择文件操作，如新建、打开、关闭、保存文件，上传和下载用户程序，打印预览，页面设置等操作。

（2）编辑（Edit）

编辑（Edit）主菜单选项提供一般 Windows 平台下的程序编辑工具。用鼠标单击（或对应的快捷键操作）菜单条中的“Edit”选项，出现一个下拉菜单，可分别进行剪切、复制、粘贴程序块或数据块的功能操作，以及查找、替换、插入、删除和快速光标定位的操作。

（3）视图（View）

视图（View）主菜单选项用于设置 STEP7-Micro/WIN32 的开发环境，打开和关闭其他辅助窗口（如引导窗口、指令树窗口和工具条按钮区）。用鼠标单击（或对应的快捷键操作）菜单条中的 View 选项，出现一个下拉菜单，用户可根据需要或喜好设置开发环境，执行引导窗口区的选择项，选择编程语言（LAD、STL 或 FBD）的程序编辑器，设置程序编辑器的风格，如字体、功能框的大小等。

（4）可编程控制器（PLC）

可编程控制器（PLC）选项用于进行与 PLC 联机时的操作。用鼠标单击（或对应的快捷键操作）菜单条中的 PLC 选项，出现一个下拉菜单，可用于选择 PLC 的类型和工作方式、查看 PLC 的信息和通信设置、清除用户程序和数据、进行在线编译和程序比较等。

（5）调试（Debug）

调试（Debug）选项用于联机调试。

（6）工具（Tools）

在工具（Tools）主菜单选项中，可以调用复杂指令向导（包括 PID 指令、NETR/NETW 指令和 HSC 指令），安装文本显示器 TD200，设置用户界面风格（如设置按钮及按钮样式，添加菜单项），在选项子菜单中也可以设置程序编辑器的风格，如字体及功能框的大小。

（7）窗口（Windows）

窗口（Windows）主菜单选项的功能是打开一个或多个窗口，并进行窗口之间的切换，以选择并设置多个窗口的排放形式（如水平、垂直或层叠）。

（8）帮助（Help）

利用帮助主菜单，可以非常方便地检索各种相关的帮助信息，包括提供网上查询功能。在软件操作过程中，可随时按 F1 键，显示在线帮助。

2. 引导条

引导条的功能是在编程过程中进行编程窗口的快速切换。切换是由引导条中的按钮来控制的，单击任何一个按钮，即可将主窗口切换到该按钮对应的编程窗口。

在引导条中的编程窗口自上而下排列如下。

（1）程序块（Program Block）

单击程序块窗口，可立即切换到梯形图编程窗口。



(2) 符号表 (Symbol Table)

为了增加程序的可读性，在编程时经常用具有实际意义的符号名称替代编程元件的实际地址，例如，系统启动按钮的输入地址是 I0.0，如果在符号表中，将 I0.0 的地址定义为 start，这样在梯形图中，所有用地址 I0.0 的编程元件都由 start 替代。在符号表窗口中，还可以附加注释，使程序的可读性进一步增强。

(3) 状态图表 (Status Chart)

状态图表窗口用于联机调试时监视所选择变址的状态及当前值。只需要在地址 (Address) 栏中写入欲监视的变量地址，在数据格式 (Format) 栏中注明所选择变量的数据类型，就可以在运行时监视这些变量的状态及当前值。

(4) 数据块 (Data Block)

在数据块窗口中，可以设置和修改变址寄存器 (V) 中的一个或多个变址值，要注意变量地址和变量类型及数据范围的匹配。在表 5-1 中说明了数据块窗口的应用。

表 5-1 在数据块窗口设置数据

地 址	数 据	说 明	
VB0	248	将字节型数据 248 分配在 VB0	字节型变量数据范围为 0~255
VB1	249, 250, 251	将字节型数据 249 分配在 VB1	
		将字节型数据 250 分配在 VB2	
		将字节型数据 251 分配在 VB3	
VB4	252, 253, 254, 255	将字节型数据 252 分配在 VB4	
		将字节型数据 253 分配在 VB5	
		将字节型数据 254 分配在 VB6	
		将字节型数据 255 分配在 VB7	

(5) 系统块 (System Block)

系统块窗口主要用于系统组态，稍后将具体介绍。

(6) 交叉索引 (Cross Reference)

当用户程序编译完成后，交叉索引窗口提供索引信息有交叉索引信息、字节使用情况信息和位使用情况信息。

3. 通信 (Communications)

通信窗口的功能是建立计算机与 PLC 之间的通信连接及设置通信参数。

(1) 建立通信连接

单击“通信”(Communications)图标，或从菜单条中选择“视图”(View)，再选择“通信”(Communications)选项，出现“通信”对话框。

在对话框中双击“PC/PPI”电缆的图标，出现 PG/PC 接口的对话框。

单击“Properties”按钮，出现“接口属性”对话框，检查各个参数的设置是否正确，其中波特率的默认值是 9600。



(2) 建立通信联系

单击“通信”(Communications)图标,或从菜单条中选择“视图”(View)选项,再选择“通信”(Communications),出现“通信”对话框,可显示出是否连接了CPU主机。

在“通信”对话框中,双击刷新图标,STEP7-Micro/WIN32 将检查所有已连接 S7-200 的 CPU 站,并为每个 CPU 主站建立一个 CPU 图标。

双击要进行通信的 CPU 站,通过“通信”对话框可显示所选 CPU 站的通信参数。

对所选择的 CPU 站进行组态、上传或下载用户程序等操作。

(3) 设置通信参数

单击引导条中的系统块图标,或者从主菜单选择“视图”(View)菜单中的“系统块”(System Block)图标,此时出现“System Block”对话框。

单击对话框中的“Port(s)”,检查通信口的参数设置,在确认正确后单击“OK”按钮。

如需要修改参数,在系统块中先修改参数,修改结束单击“Apply”按钮,确认无误后单击“OK”按钮。

单击工具条中的下载图标,把修改后的参数下载到 PLC 主机。

5.1.3 系统组态

常用的系统组态包括设置数字量和模拟量输入滤波、设置脉冲捕捉,配置数字量输出表、定义存储器保持范围、设置 CPU 密码、设置通信参数、设置模拟电位器、设置高速计数器,以及设置高速脉冲输出等。

(1) 设置数字量输入滤波

对于来自工业现场输入信号的干扰,可以通过对 S7-200CPU 单元上的全部或部分数字量输入点合理地定义输入信号延迟时间,就可以有效地抑制或消除输入噪声的影响。这就是设置数字量输入滤波器。输入延迟时间的范围为 0.2~12.8ms,系统的默认值是 6.4ms。进入设置数字量输入滤波器窗口,可以在引导条中单击“程序块”按钮,也可以使用菜单命令 View>System Block,选择“Input Filters”选项,进入设置窗口,如图 5-2 所示。

(2) 设置模拟量输入滤波(适用机型:CPU222、CPU224、CPU226)

如果输入的模拟量信号是缓慢变化的信号,可以对不同的模拟量输入采用软件滤波的方式。进入设置模拟量输入滤波器窗口的方式可以在引导条中单击“程序块”按钮,也可以使用菜单命令 View>System Block,选择“Analog Input Filters”选项,进入设置窗口,如图 5-3 所示。有 3 个参数需要设定:选择需要进行数字滤波的模拟量输入地址,设定采样次数和设定死区值。系统默认参数为:选择全部模拟量输入,采样次数为 64(滤波值是 64 次采样的平均值),死区位为 320(如果模拟量输入位与滤波位的差值超过 320,滤波器对最近的模拟量输入值的变化将是一个阶跃函数)。

(3) 设置脉冲捕捉

如果在两次输入采样期间,出现了一个小于一个扫描周期的短暂脉冲,在没有设置脉冲捕捉功能时,CPU 就不能捕捉到这个脉冲信号。

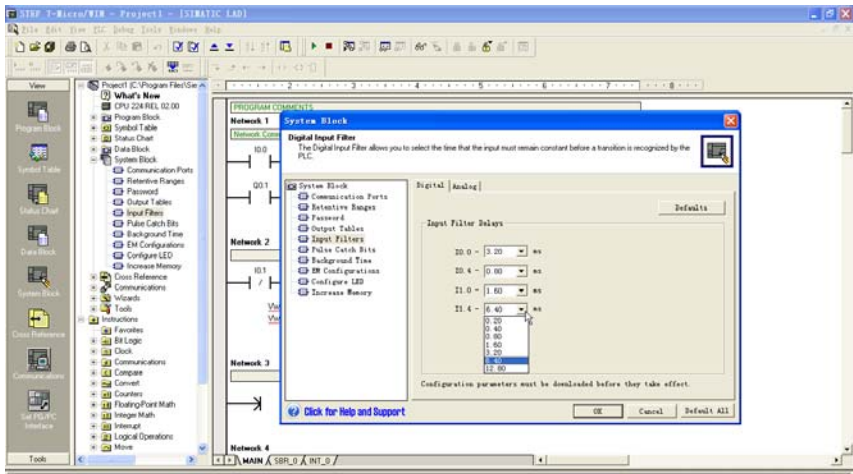


图 5-2 设置数字量输入滤波器窗口

设置脉冲捕捉功能的方法是：首先正确设置输入滤波器的延迟时间，使脉冲信号不能被滤除，再使用菜单命令 **View>System Block**，选择“Pulse Catch Bit”选项，进入设置脉冲捕捉功能窗口，如图 5-4 所示。系统的默认状态为所有的输入点都不设脉冲捕捉功能。

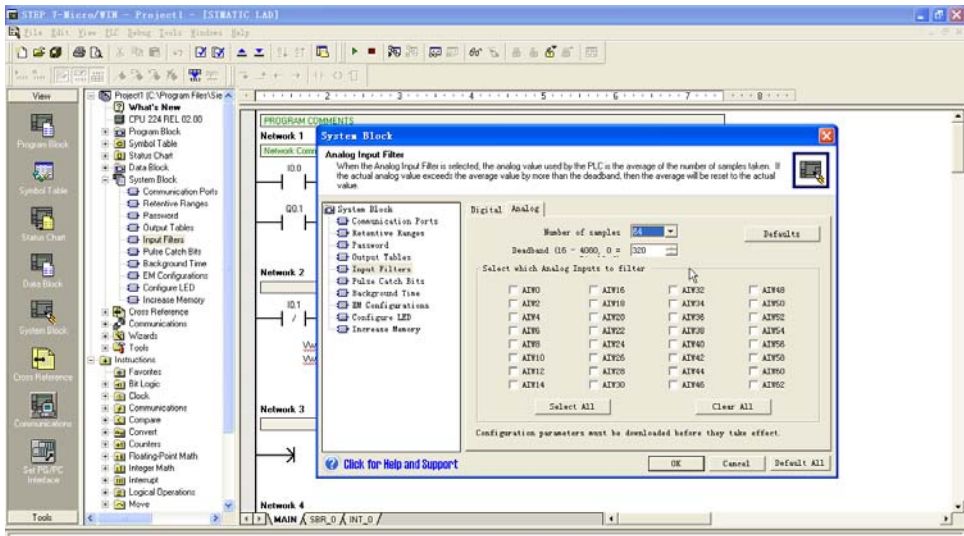


图 5-3 设置模拟量输入滤波器窗口

(4) 配置数字量输出表

S7-200 在运行过程中可能遇到由 **RUN** 模式转到 **STOP** 模式的情形，在已经配置了数字量输出表功能时，就可以将数字量输出表复制到各个输出点，使各个输出点的状态或变为由数字量输出表规定的状态，或者保持转换前的状态。数字量输出表如图 5-4 所示。

在图 5-5 中，只选择了一部分输出点，当系统由 **RUN** 模式转换到 **STOP** 模式时，在表中选择的点就被置为 1 状态，其他点被置为 0 状态。如果选择“Freeze Outputs”选项，则不复制输出表，所有的输出点保持转换前的状态不变。系统的默认设置为所有的输出点都保持转换前的状态。

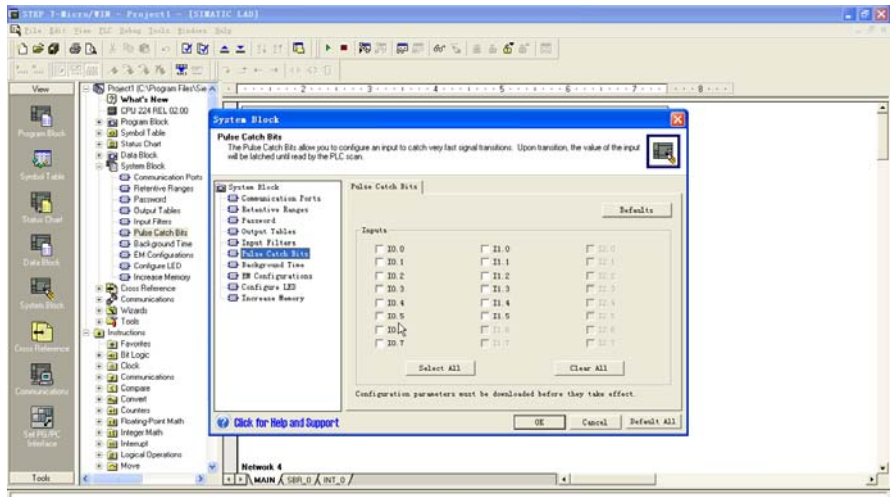


图 5-4 设置脉冲捕捉窗口

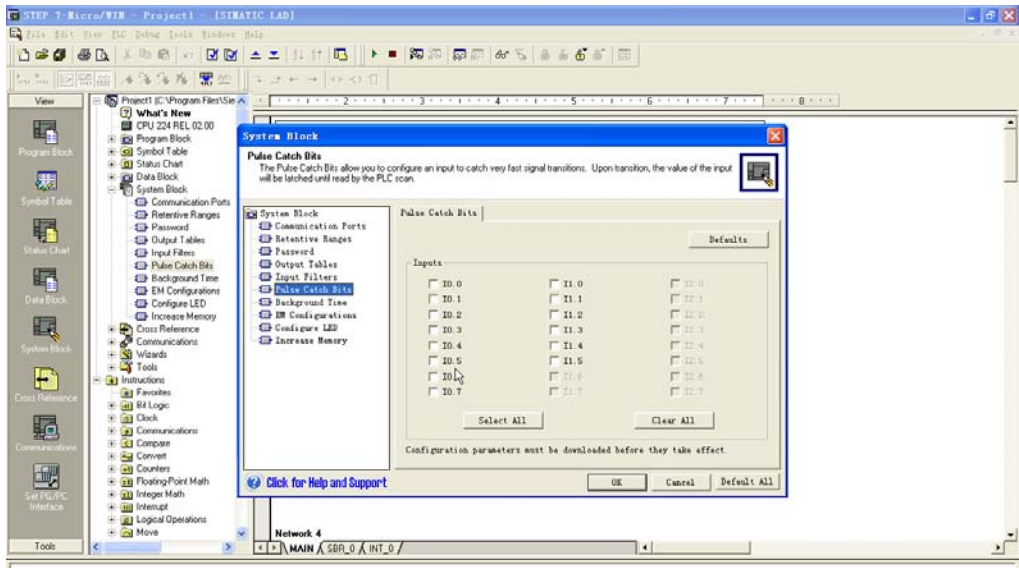


图 5-5 数字量输出表

(5) 定义存储器保持范围

在 S7-200 中，可以用编程软件来设置需要保持数据的存储器，以防止出现电源掉电的意外情况，可能丢失一些重要的数据。

当电源掉电时，在存储器 V、M、C 和 T 中，最多可以定义 6 个需要保持的存储器区。对于 M，系统的默认值是 MB0~MB13 不保持；对于定时器 T，只有 TONR 可以保持；对于定时器 T 和计数器 C，只有当前值可以被保持，而定时器状态位和计数器位是不能被保持的。

定义存储器保持范围的操作方法：进入 System Block(系统块)后，单击“Retentive Ranges”(可保持范围)选项，进入图 5-6 所示的设置窗口。

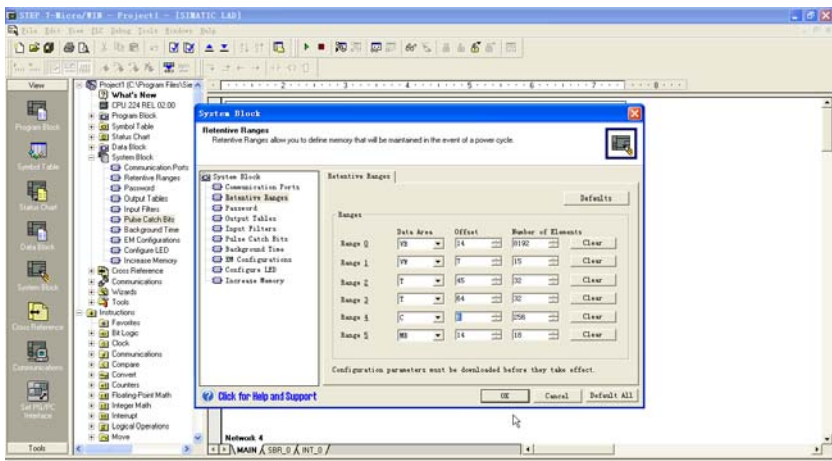


图 5-6 定义存储器保持范围

(6) 设置 CPU 密码

CPU 的密码保护作用是限制某些存取功能。在 S7-200 中，对存取功能提供了 3 个等级的限制，系统的默认状态是 1 级（不受任何限制）。S7-200 的存取功能限制见表 5-2。

表 5-2 S7-200 CPU 的存取功能限制

任务	1 级	2 级	3 级
读/写用户数据	不限制	不限制	不限制
启动/停止/重启			
读写时钟			
上传程序文件		需要密码	需要密码
下载程序文件			
STL 状态			
删除用户程序、数据及组态			
取值数据或单次/多次扫描			
复制到存储器卡			
在 STOP 模式下输入			

在设置密码时，可进入到 System Block（系统块），单击“Password（密码）”按钮，出现如图 5-7 所示的窗口，首先选择限制级别，然后输入并确认 CPU 密码。

如果在设置密码后又忘记了密码，无法进行受限制的操作，只有清除 CPU 存储器，重新装入用户程序。

清除 CPU 存储器的方法是：在 STOP 模式下，重新设置 CPU 为厂家出厂设置的默认值（CPU 地址、波特率和时钟除外）。选择菜单命令 PLC>Clear，弹出“清除”对话框，选择“ALL”选项，再单击“OK”按钮。如果已经设置了密码，则弹出密码授权对话框，输入 Clear，就可以执行全部清除（Clear All）的操作。由于密码是同程序一起存储在存储器卡中的，最后还要重写存储器卡，才能从程序中去掉遗忘的密码。

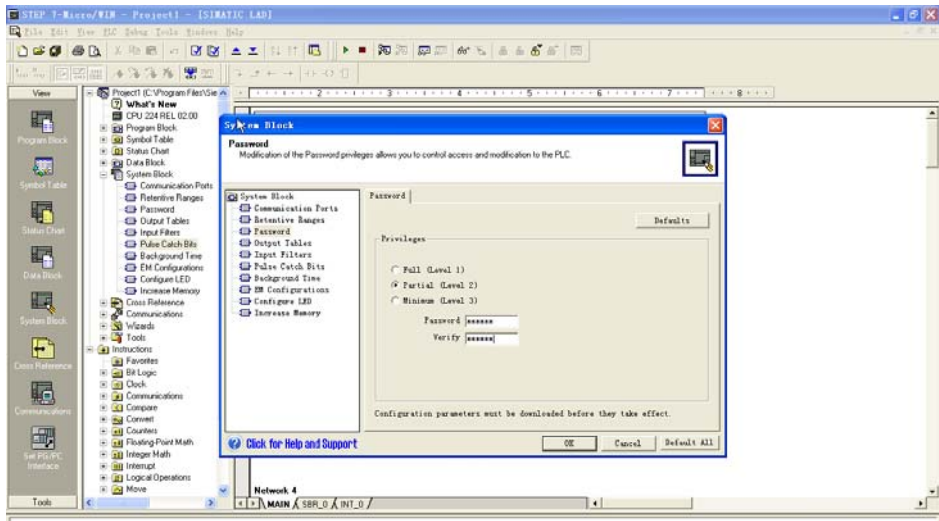


图 5-7 设置 CPU 密码

(7) 设置模拟电位器

在 S7-200 的 CPU 主机上，有一个（CPU221 和 CPU222）或两个模拟电位器（CPU224 和 CPU226），SMB28 中的数值对应模拟电位器 0 的位置，SMB29 中的数值对应模拟电位器 1 的位置，用小螺丝刀旋转模拟电位器时，SMB28 或 SMB29 中的数值同时也在变化，数值变化范围为 0~255，顺时针旋转，当前值增加，逆时针旋转，当前值减少。可利用模拟电位器更改定时器、计数器的设定值或当前值。

对于通信参数、高速计数器和高速脉冲输出的组态，可以在 SIEMENS 网站查阅相关资料。

5.1.4 程序编辑

1. 新建程序文件

编写用户程序的第一步是新建一个程序文件，可以使用菜单命令 File>New，或者单击工具条中的“New”按钮，在主窗口将显示新建的程序文件主程序区。图 5-8 所示为一个新建程序文件的系统默认的初始设置程序树。

在新建的程序文件初始设置中，文件名为 Project 1（CPU224），Project 1 是系统默认的项目名，CPU224 为系统默认的 PLC 型号。在指令树中可见到引导条中的 7 个相关的块（程序块、符号表、状态图表、数据块、系统块、交叉索引及通信），其中程序块中包括 1 个主程序 MAIN（OB1）、1 个子程序 SBR_0（SBR0），以及 1 个中断服务程序 INT_0（不 INT0）。

在新建程序文件时，要根据实际情况修改程序文件的初始设置。

(1) 确定 CPU 主机型号

假定用户的 CPU 主机型号为 CPU222，可用鼠标右击 Project1（CPU224）的图标，在弹出的按钮中单击“Type”按钮，在对话框中选择实际的 CPU 型号。也可以用菜单命令 PLC>Type 来选择 CPU 型号。

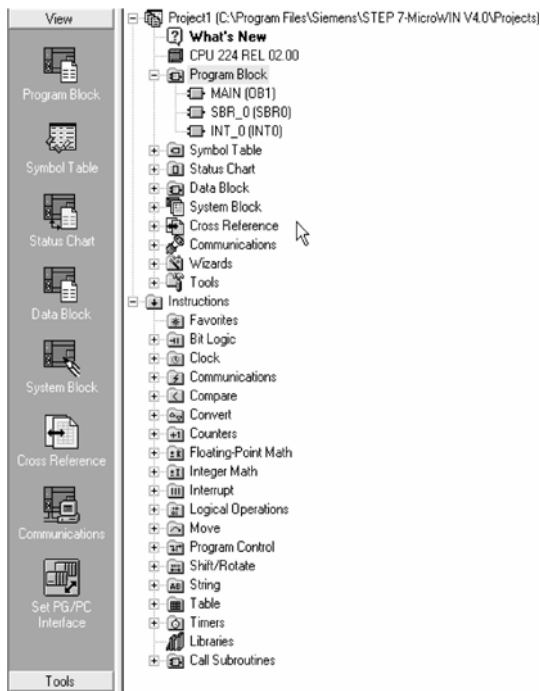


图 5-8 初始设置程序树

(2) 程序更名

任何程序文件的主程序只有一个，主程序的名称一般用默认的 **MAIN**，不用更改。如果想更改程序文件名，可使用菜单命令 **File>Save** 或 **File>Save as**，在弹出的对话框中键入新的程序文件名。

如果想更改子程序名或中断服务程序名，用鼠标右击子程序名或中断服务程序名，在弹出的选择按钮中单击 **“Rename”** 按钮，输入新的程序名。

(3) 添加子程序

如果在程序文件中有多个子程序，可以通过 3 种方法添加子程序。

- 在指令树窗口中，用鼠标右击 **“Program Block”** 图标，在弹出的选择按钮中单击 **“Insert Subroutine”** 选项来添加子程序。
- 用菜单命令 **Edit>Insert Subroutine** 来添加子程序。
- 用鼠标右击编辑窗口。在弹出的选项中选择 **Insert\Subroutine**。新生成的子程序根据已有子程序的数目，自动递增编号 (**SBR_n**)，可进行更名操作。

(4) 添加中断服务程序

如果在程序文件中有多个中断服务程序，可以通过 3 种方法添加中断服务程序。

- 在指令树窗口中，用鼠标右击 **“Program Block”** 图标，在弹出的 **“选择”** 按钮中单击 **“Insert/Interrupt”** 选项来添加中断服务程序。
- 用菜单命令 **Edit>Insert Interrupt** 来添加中断服务程序。
- 用鼠标右击编辑窗口，在弹出的选项中选择 **“Insert/Interrupt”**。新生成的中断服务程序根据已有中断服务程序的数目，自动递增编号 (**INT_n**)，可进行更名操作。



输入编程元件的步骤:

1) 顺序输入编程元件

在一个梯级网络 Network 中, 从梯级的开始依次输入各个编程元件, 每输入一个编程元件, 光标自动向右移动一列。

2) 输入操作数

输入编程元件后, 在出现红色“???”和“???”的地方, 是输入操作数的提示, 用鼠标单击“???”和“???”, 输入操作数, 如图 5-11 所示

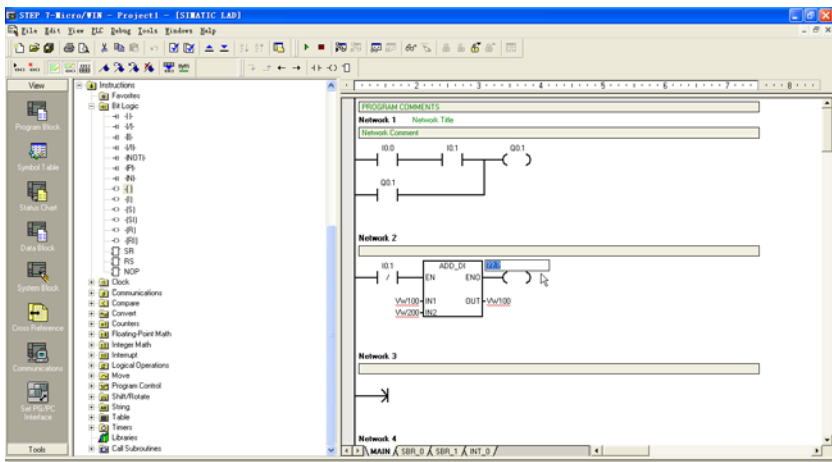


图 5-11 输入操作数

3) 任意添加编程元件

任意添加编程元件的操作非常容易, 只要在光标所在处, 就可以输入编程元件, 再根据与其他编程元件的逻辑关系, 在光标指示框的右侧用连接线连接。

(2) 插入和删除操作

插入(或删除)操作是编辑程序时经常要做的操作, 可以用两种方法进行插入(或删除)一行、一列、一个梯级、一个子程序或一个中断服务程序的操作。

1) 使用快捷键操作

在编辑区用鼠标右击要进行插入(或删除)操作的位置, 弹出如图 5-12 所示的下拉菜单, 选择 Insert (或 Delete), 继续弹出子菜单, 单击要插入(或删除)的选项 (Row: 行; Column: 列; Vertical: 向下分支; Network: 梯级; Interrupt: 中断程序; Subroutine: 子程序)。

从图 5-12 中可看到, 快捷键操作时, 还可进行剪切、复制操作。

2) 使用菜单命令

将光标移到要操作的位置, 使用菜单命令 Edit>Insert (或 Edit>Delete), 完成插入(或删除操作)。

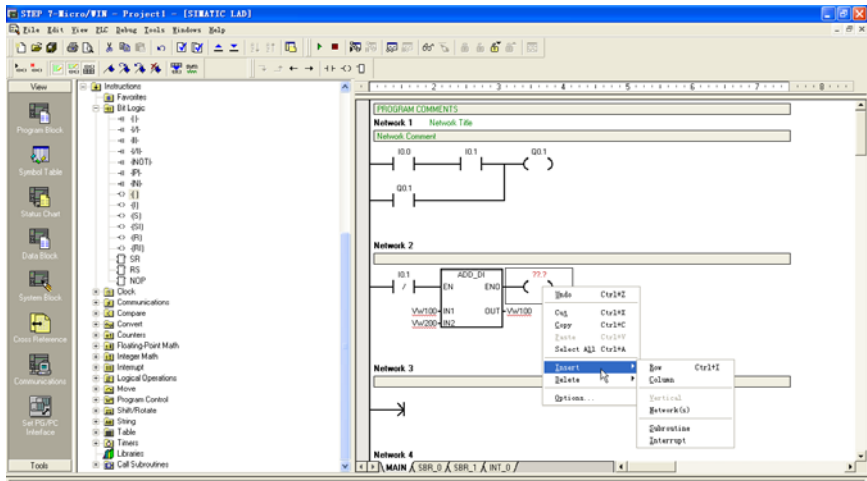


图 5-12 插入和删除操作

4. 使用和编辑符号表

(1) 使用符号表

使用符号表的方式有两种，一种是在编程时使用直接地址，然后打开符号表，编写与直接地址对应的符号名称，编译后由软件自动转换名称；另一种是在编程时直接使用符号名称，然后打开符号表，编写与符号名称对应的直接地址，编译后得到相同的结果。

(2) 编辑符号表

编辑符号表的方法是用鼠标单击引导条中的“Symbol Table”（符号表）按钮，或者用菜单命令 View>Symbol Table 进入符号表窗口，如图 5-13 所示。使用符号表编程，如图 5-14 所示。

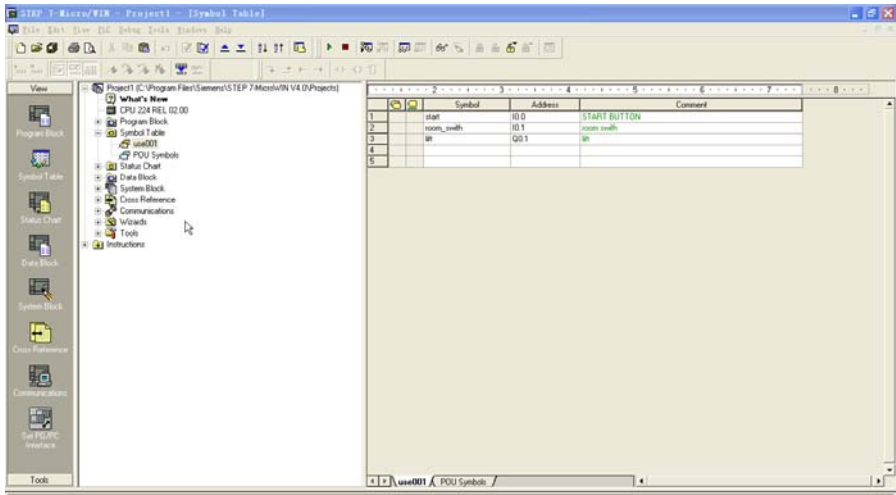


图 5-13 进入符号表窗口

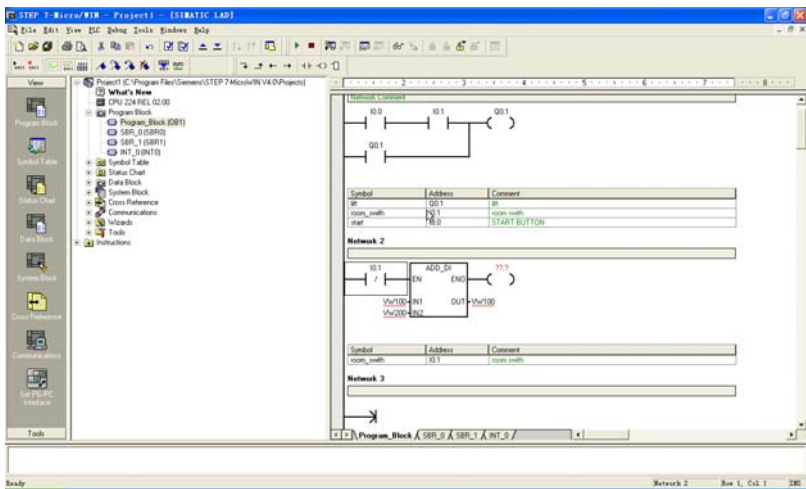


图 5-14 使用符号表编程

5. 使用局部变量表

打开局部变量表的方法是，将光标移到程序编辑区的上边缘后向下拉，此时自动显露出局部变量表，如图 5-15 所示。在 Name 栏中写入局部变量名称，在 Data Type 栏中选择变量类型后，系统自动分配局部变量的存储位置。

如果需要在局部变量表中插入（或删除）一个局部变量，可在欲插入（或删除）处右击变量类型区，在弹出的菜单中选择“插入（或删除）”选项再进行相应的选择。

	Symbol	Var Type	Data Type	Comment
L0.0	in1	TEMP	BOOL	
Lw1	in2	TEMP	WORD	
Lw3	in3	TEMP	INT	
LD5	in4	TEMP	DWORD	
LD9	in5	TEMP	REAL	
LD13	in6	TEMP	DINT	

图 5-15 局部变量表

6. 添加注释

在梯形图编辑器中的 Network n，是每个梯级网络的标志，又是每个梯级网络的标题栏。用鼠标双击 Network n，弹出如图 5-16 所示的窗口，在 Title 文本框中输入标题，在 comment 文本框中输入注释。

7. 切换编程语言

STEP 7-Micro/WIN32 可方便地进行 3 种编程语言 STL、LAD 与 FBD 的相互切换。在主菜单 View 选项中，单击 STL、LAD 或 FBD，即可进入对应的编程环境。

8. 程序编译

当程序文件编辑结束后，要进行编译，可在脱机状态下使用菜单命令 PLC>Compile 进行编译。编译结束后，在输出窗口显示编译结果信息。



只有在编译正确时，才能进行下载程序文件操作。

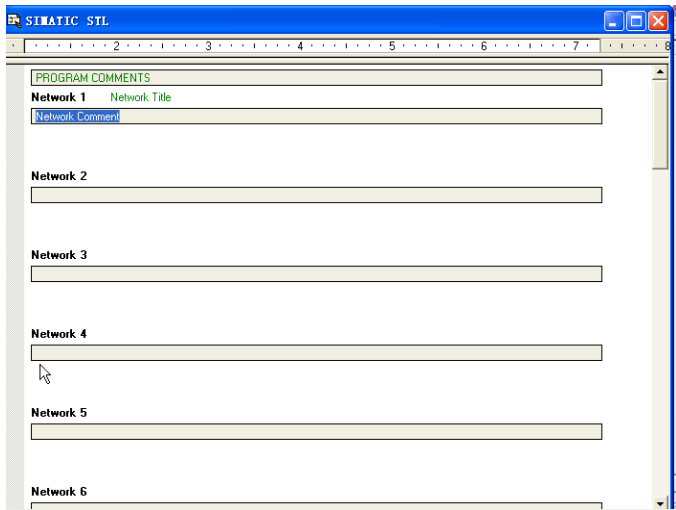


图 5-16 标题和注解对话框

5.1.5 程序调试及监控

STEP 7-Micro/WIN32 允许用户在软件环境下直接进行用户程序调试和监控。

(1) 选择扫描次数

在联机通信时，选择 PLC 的工作模式为 “STOP”，使用菜单命令 Debug>Multiple Scans 或 Debug>First Scans，可选择多次扫描或单次扫描。在选择多次扫描时，要指定扫描次数。通过在有限的扫描次数内对用户程序的监控可以有效地提高用户程序的调试效率。

(2) 监控状态图表

在程序运行过程中，也可以使用状态图表来监视用户程序的执行情况，并可以对表中的编程元件进行强制操作。

1) 使用状态图表

在引导窗口单击 “Status Chart” 按钮，或使用菜单命令 View>Status Chart，进入状态图表窗口。在状态图表的 Address（地址）栏，输入欲监控编程元件的直接地址（如 I0.0），如果使用了符号表，则可显示成符号名称。在 Format 栏显示编程元件的数据类型。在 Current Value（当前值）栏中，可读出表中编程元件的状态和当前位（2#0，2#1，+0，-1，+32 761 等）。

2) 强制操作


强制操作是指对状态图表中的变量进行强制赋值操作，例如对 I0.0 强制赋值为 2#1,对 VW10 强制赋值为+1000 等，所有强制操作后改变的值都存到主机的 EEPROM 中。


① 强制操作范围。强制一个或所有的 I/O 位，如果强制改变最多 16 个 V 或 M 的数据，变量类型可以是字节、字或双字型。当变量类型为偶数字节时，强制改变 AI 或 AQ。对某个输出采取强制操作后，当 PLC 变为 STOP 时，该输出为强制值，而不是设定值。


② 强制一个值。如果强制一个新值，可在状态图表的 New Value（新位）栏中输入新值，



然后单击工具条的强制按钮。如果强制一个已经存在的值，可单击点亮 Current Value（当前值）栏中的值，然后单击工具条的强制按钮。

③ 读所有强制操作。打开状态图表窗口，单击工具条中的读所有强制按钮，则状态图表中所有被强制的单元格会显示强制符号。

④ 解除一个强制操作。在当前值栏单击点亮这个值，然后单击工具条中的解除强制按钮。

⑤ 解除所有强制操作。打开状态图表，单击工具条中的解除所有强制操作按钮。


（3）在运行模式下编辑程序

对于 CPU224 和 CPU226，可在运行模式下对用户程序做少量修改，但在修改后下载到 PLC 时，会立即影响系统的运行。

编辑步骤如下。

① 在 RUN 模式下选择菜单命令 Debug>Program Edit in RUN。如果 PLC 主机中的程序与编程软件窗口中的程序不同，系统会提示用户存盘。


② 屏幕弹出警告信息，单击“Continue（继续）”按钮，PLC 主机中的用户程序被上传到编程窗口，此时可在运行模式下进行程序编辑。

③ 在程序编译成功后，单击工具条中的下载按钮。

（4）程序监控

STEP 7-Micro/WIN32 所提供的 3 种程序编辑器（LAD、FBD 和 STL）都可以在程序在线运行时监视各个编程元件状态及各个操作数的数值。

1) 使用梯形图编辑器进行程序监控

首先用菜单命令 Tools>Options 打开选项对话框，选择“LAD status”选项，再选择一种梯形图显示样式，然后打开梯形图窗口，在工具条中单击“Program status（程序状态）”按钮。梯形图的显示样式有 3 种：在指令的内部显示地址；在指令的外部显示数据值；在指令的外部既显示地址，又显示数据值。


由于 STEP 7-Micro/WIN32 是经过多个扫描周期采集状态值，然后刷新梯形图中各个数据值的状态显示，因此在梯形图中显示所有操作数的值，并不反映程序执行时每个编程元件的实际状态。

2) 使用功能块图编辑器进行程序监控

使用功能块图编辑器进行程序监控的方法与使用梯形图编辑器是相同的，一般功能块图的状态显示也不能反映程序执行时每个编程元件的实际状态。

3) 使用语句表编辑器进行程序监控

首先用菜单命令 Tools>Options 打开选项对话框，选择“STL status”选项，进入设置窗口，如图 5-17 所示。

设置后，在工具条中单击“Program status（程序状态）”按钮，进入程序监视窗口，进行程序监控。如果想把当前的状态数据保留在屏幕上，可单击工具栏中的“暂停”按钮。用语句表编辑器进行程序监控时，可通过状态数值的颜色反映指令的执行情况：黑色表示指令正常执行；红色表示指令执行有错误；灰色表示由于逻辑堆栈栈顶值为 0，或者由于使用跳转指令，而没有执行指令；空白表示指令未执行。

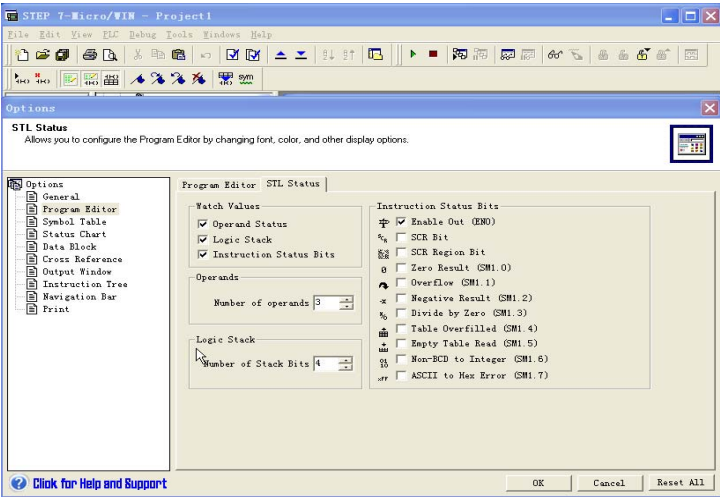


图 5-17 用 STL Status 监控的设置窗口

用语句表编辑器进行程序监控时，由于 PLC 是按照扫描方式进行工作，扫描的顺序就是语句表的顺序，操作数的显示顺序与指令的执行顺序一致，当指令执行时，可以捕捉到数据值的变化。因此操作数的显示状态可以反映程序运行的实际状态。

5.2 S7-200 编程实例

本节将介绍几个程序设计的例子。

1. 红、绿灯循环显示

(1) 控制要求

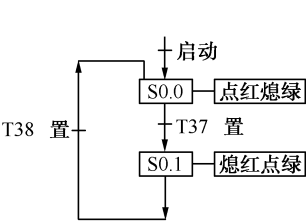


图 5-18 流程图

使用顺序控制结构，编写出实现红、绿灯循环显示的程序（要求循环间隔时间为 1s）。

根据控制要求首先画出红绿灯顺序显示的功能流程图，如图 5-18 所示。启动条件为按钮 I0.0，步进条件为时间，状态步的动作为点红灯，熄绿灯，同时启动定时器，步进条件满足时，关断本步，进入下一步。

(2) PLC 地址分配

编程元件的地址分配见表 5-3。

表 5-3 编程元件的地址分配

编程元件	I/O 端子	电路器件	作用
输入继电器	I0.0	SB1	启动按钮
	I0.1	SB2	停止按钮
输出继电器	Q0.0	KM	红色指示灯
	Q0.1	HL1	绿色指示灯



(3) 控制系统软件设计

根据地址分配，梯形图程序如图 5-19 所示。。

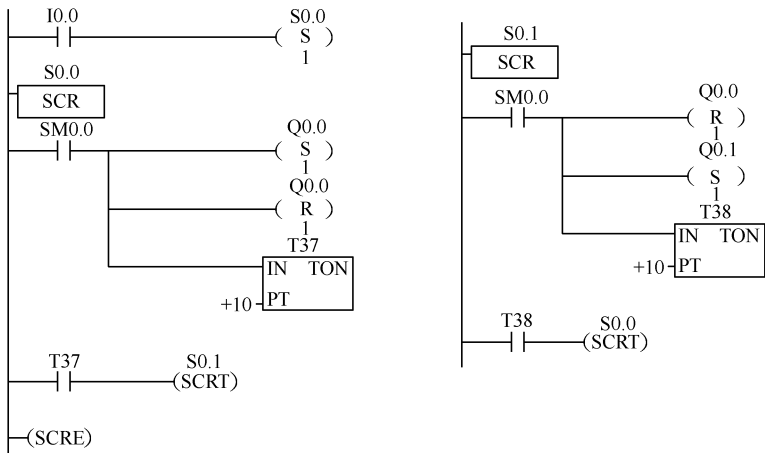


图 5-19 红、绿灯循环显示梯形图

当 I0.0 输入有效时，启动 S0.0，执行程序的第一步，输出 Q0.0 置 1（点亮红灯），Q0.1 置 0（熄灭绿灯），同时启动定时器 T37，经过 1s，步进转移指令使得 S0.1 置 1，S0.0 置 0，程序进入第二步，输出点 Q0.1 置 1（点亮绿灯），输出点 Q0.0 置 0（熄灭红灯），同时启动定时器 T38，经过 1s，步进转移指令使得 S0.0 置 1，S0.1 置 0，程序进入第一步执行。如此周而复始，循环工作。

2. 皮带运输机控制

(1) 控制要求

三台皮带运输机，分别由电动机 M1、M2、M3 驱动。要求：按启动按钮 SB1 后，启动时顺序为 M1、M2、M3，间隔时间为 5s。按停止按钮 SB2 后，停车时的顺序为 M3、M2、M1，间隔时间为 3s。三台电动机 M1、M2、M3 分别通过接触器 KM1、KM2、KM3 接通三相交流电源，用 PLC 控制接触器的线圈。

(2) 编程元件的地址分配表

采用的 PLC 为 S7-200 的 CPU222，明确了控制要求后，首先要对编程元件进行地址分配，编程元件的地址分配见表 5-4。

表 5-4 编程元件的地址分配表

编程元件	I/O 端子（编程地址）	电路器件（定时器 PT 值）	作用
输入继电器	I0.0	SB1	启动按钮
	I0.1	SB2	停止按钮
输出继电器	Q0.0	KM1	M1 接触器
	Q0.1	KM2	M2 接触器
	Q0.2	KM3	M3 接触器



续表

编程元件	I/O 端子（编程地址）	电路器件（定时器 PT 值）	作 用
定时器（100ms）	T37	50	启动时第一段时间
	T38	50	启动时第二段时间
	T39	30	停车时第一段时间
	T40	30	停车时第二段时间
辅助继电器	M0.0	—	停车时保持第一段时间
	M0.1	—	停车时保持第二段时间

（3）控制系统软件设计

如图 5-20 所示的顺序控制梯形图。将运行模式选择开关拨到 RUN 位置，或者用鼠标单击工具条的“RUN（运行）”按钮，使 PLC 进入运行方式。按下启动按钮 SB1，观察电动机 M1 是否立即启动运行，5s 后电动机 M2 能否自动启动运行，再经过 5s，电动机 M3 能否自动启动运行，如果电动机能够按照 M1、M2、M3 的顺序间隔 5s 依次启动运行，则顺序启动程序正确。按下停止按钮 SB2，观察电动机 M3 是否立即停车，3s 后电动机 M2 能否自动停车，再经过 3s 后，电动机 M1 能否自动停车，如果电动机能够按照 M3、M2、M1 的顺序依次停车，则停止程序正确。再次按下启动按钮 SB1，如果系统能够重新按照 M1、M2、M3 的顺序依次启动运行，并能在按下停止按钮后按照 M3、M2、M1 的顺序依次停车，则程序调试结束。

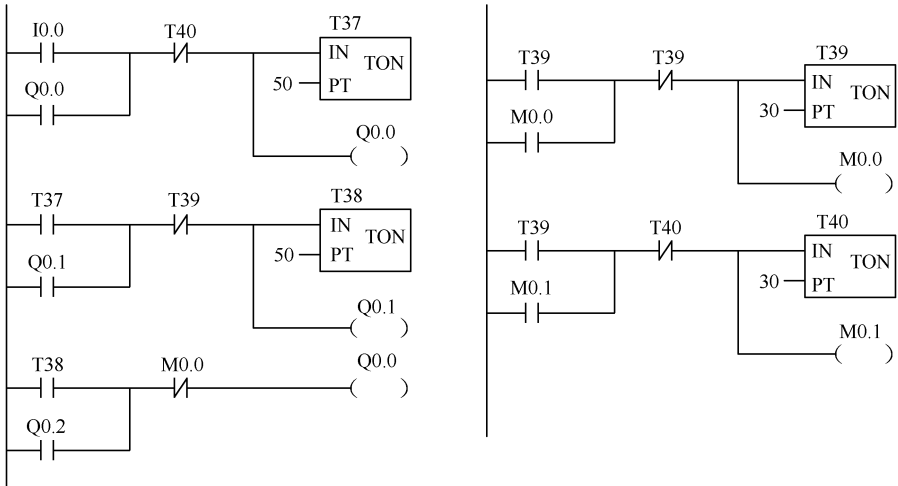


图 5-20 顺序控制梯形图

3. 占空比可调的脉冲源

（1）控制要求

在实际应用中，经常会遇到需要产生一个周期确定而占空比可调的脉冲系列，这样脉冲用两个接通延时的定时器即可实现。设计一个周期为 10s、占空比为 0.5 的脉冲系列。其时序图如图 5-21 所示。



(2) 编程元件的地址

该脉冲的产生由输入端 I0.0 控制, 采用时间继电器 T101、T102。

(3) 控制系统软件设计

设计梯形图及指令表如图 5-22 所示。

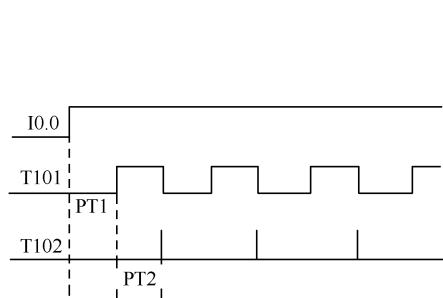


图 5-21 时序图

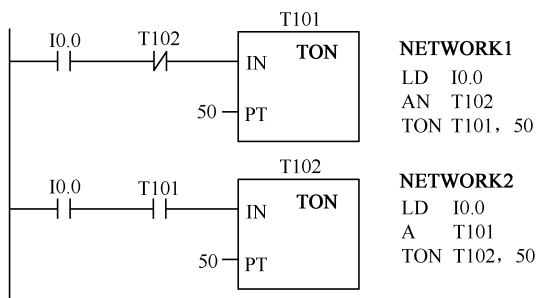


图 5-22 占空比可调的脉冲梯形图

当 I0.0 由 0 变为 1 时, T102 常闭触点闭合, T101 被启动并且开始计时: 当 T101 的当前值 SV 达到设定值 PT ($50 \times 100\text{ms} = 5\text{s}$) 时, T101 接通, T101 常开触点闭合, T102 被启动, 开始计时; 当 T102 的当前值 SV 达到其设定值 PT (5s) 时, T102 接通, T102 常闭触点断开, T101 复位, 使 T101 当前值 SV=0, T101 的常开触点断开, T102 复位, T102 常闭触点闭合, T101 重新启动, 开始下一个周期。

从以上分析可知, T101 从计时开始到接通的时间取决于 T101 的 PT 值, T102 计时开始到 T102 接通的时间取决于 T102 的 PT 值, 两个 PT 值相加就是脉冲的周期。 $PT2/(PT1+PT2)$ 就是占空比。

如果 T101 的设定值由 VW0 提供, T102 的设定值由 VW2 提供, 就组成了周期 $T=(VW0)+(VW2)$, 占空比 $\tau=(VW2)/T$ 的脉冲序列。

5.3 S7-300 编程软件的使用方法

1. STEP 7 概述

STEP 7 用于 S7、M7、C7 和 WinAC 的编程、监控, 以及参数设置, STEP 7 V5.4 具有硬件配置和参数设置、通信组态、编程、测试、启动和维护、文件建档、运行和诊断等功能。

(1) STEP 7 的硬件接口

可以采用 PC/MPI 适配器+RS-232C 通信电缆。也可以采用计算机的通信卡 CP 5611 (PCI 卡)、CP 5511 或 CP 5512 (PCMCIA 卡) 将计算机连接到 MPI 或 PROFIBUS 网络。计算机的工业以太网通信卡 CP 1512 (PCMCIA 卡) 或 CP 1612 (PCI 卡), 通过工业以太网实现计算机与 PLC 的通信。

STEP 7 光盘上的程序 AuthorsW 用于显示、安装和取出授权。



(2) STEP 7 的编程功能

1) 编程语言。有 3 种基本的编程语言：梯形图 (LAD)、功能块图 (FBD) 和语句表 (STL)。另外还有 S7-SCL (结构化控制语言), S7-GGRAPH (顺序功能图语言), S7HiGraph 和 CFC。

2) 符号表编辑器。

3) 增强的测试和服务功能。能设置断点、强制输入和输出、多 CPU 运行 (仅限于 S7-400)、重新布线、显示交叉参考表、状态功能、直接下载和调试块、同时监测几个块的状态等。程序中的特殊点可以通过输入符号名或地址快速查找。

4) STEP7 的帮助功能。按 F1 键便可以得到与它们有关的在线帮助。菜单命令“Help>contents”进入帮助窗口。

(3) STEP7 的硬件组态与诊断功能

1) 系统组态：选择硬件机架，模块插入机架中希望的插槽。

2) CPU 的参数设置。

3) 模块的参数设置。可以防止输入错误的数据。

4) 网络连接的组态和显示。

5) 设置用 MPI 或 PROFIBUS-DP 连接的设备之间的周期性数据传送的参数。

6) 设置用 MPI、PROFIBUS 或工业以太网实现的事件驱动的数据传输，用通信块编程。

7) 快速浏览 CPU 的数据和用户程序在运行中的故障原因。

8) 用图形方式显示硬件配置、模块故障；显示诊断缓冲区的信息等。

(4) 采用 STEP7 设计 PLC 程序一般步骤

1) 建立项目；

2) 硬件组态及参数设定；

3) 组态硬件网络；

4) 编写符号；

5) 编写程序；

6) 编辑、调试程序。

2. STEP 7 新建工程

(1) 启动 STEP 7

启动 Windows 以后，你就会发现一个 SIMATIC Manager (SIMATIC 管理器) 的图标，这个图标就是启动 STEP 7 的接口。

(2) 新建工程 ddd，打开 SIMATIC 管理器后，在 ddd 图标上单击右键，Insert New Object> SIMATIC 300 Station，如图 5-23 所示。

(3) 单击“Simatic 300 Station”，在 Hardwarwe 图标上单击右键，再单击“Open Object”图标或双击 Hardware 图标，进入硬件组态，如图 5-24 所示。

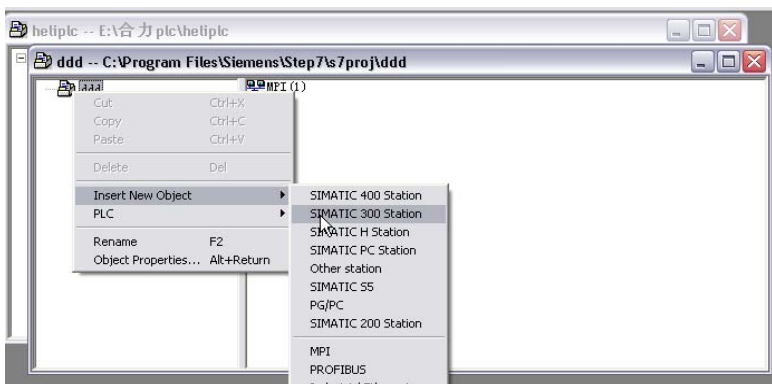


图 5-23 插入 SIMATIC 300 station

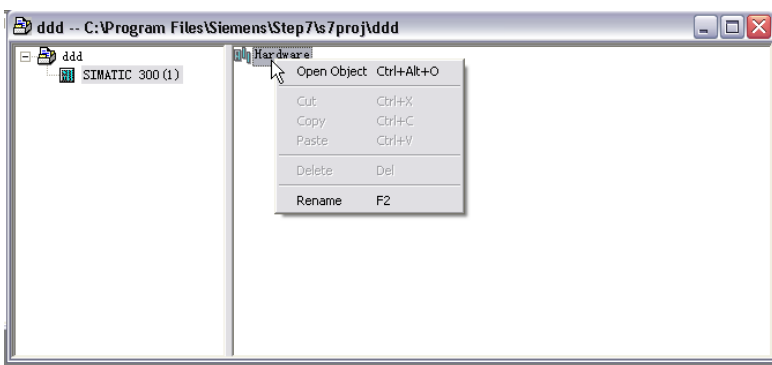


图 5-24 进入硬件组态

3. 硬件组态与参数设置

(1) 插入导轨，在右面对象库中找到 rail 对象拖到工作区就可以了，如图 5-25 所示。

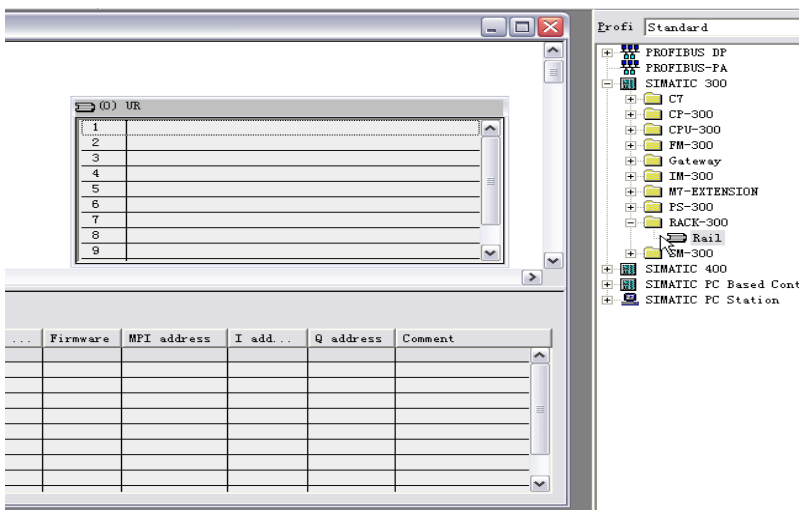


图 5-25 插入导轨

(2) 插入 CPU，在右面对象库中找到 CPU 对象拖到工作区就可以了，或在右键弹出菜



单中查找，如图 5-26 所示。

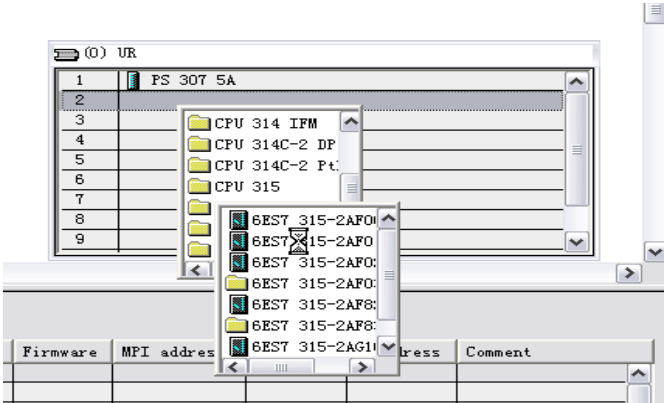


图 5-26 插入 CPU

(3) 插入其他模块，可以看到输入/输出模块的默认地址，双击相应模块，可以修改地址和参数，如图 5-27 所示。

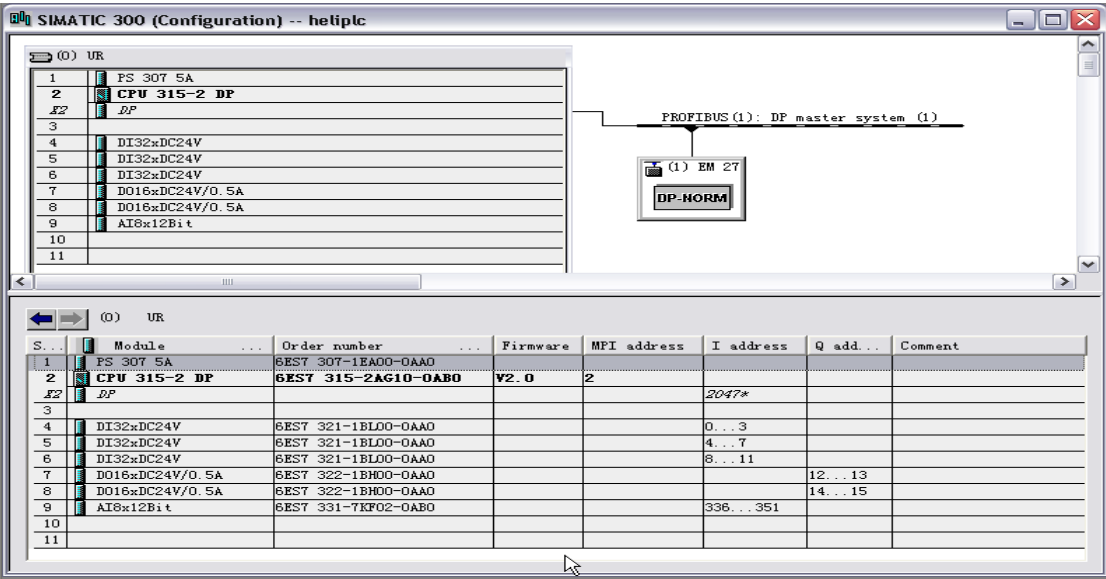


图 5-27 S7-300 的硬件组态窗口

4. CPU 模块的参数设置

双击 CPU 模块，设置时钟存储器为 m100，如图 5-28 所示。m100 时钟存储器各位对应的时钟脉冲周期与频率见表 5-5。

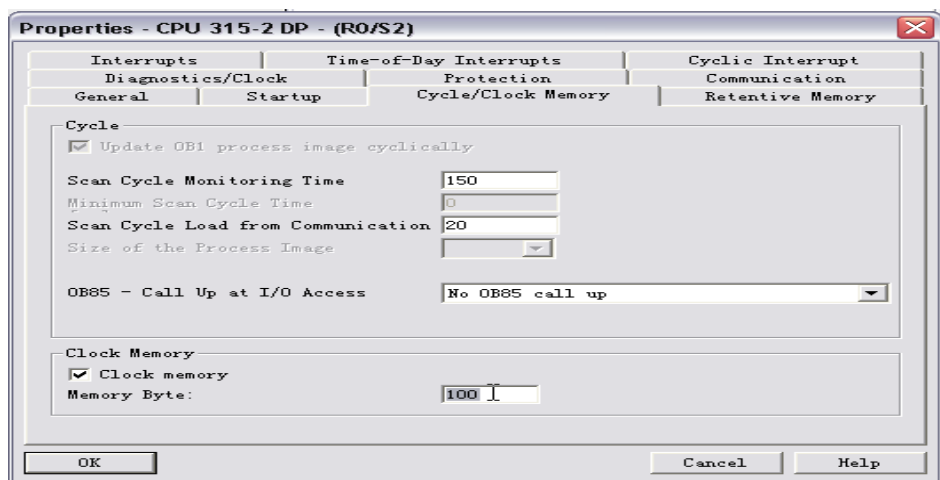


图 5-28 设置 CPU 时钟

表 5-5 时钟存储器各位对应的时钟脉冲周期与频率

位	7	6	5	4	3	2	1
周期 (s)	2	1.6	1	0.8	0.5	0.4	0.1
频率 (Hz)	0.5	0.625	1.25	2	2.5	5	10

5. 建立符号表

(1) 建立符号表

在 SIMATIC Manager 中, 单击“S7 program”对象, 然后双击“Symbol”对象, 打开符号编辑器, 如图 5-29 所示。共享符号(全局符号)在符号表中定义, 可供程序中所有的块使用。在程序编辑器中用“View>Display with>Symbolic Representation”选择显示方式。

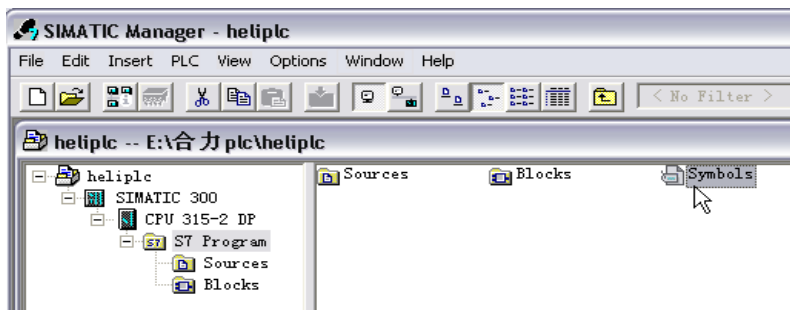


图 5-29 打开符号编辑器

(2) 生成与编辑符号表

CPU 将自动地为程序中的全局符号加双引号, 在局部变量的前面自动加“#”号。生成符号表和块的局域变量表时不用为变量添加引号和#号。生成符号表如图 5-30 所示。

数据块中的地址(DBD, DBW, DBB 和 DBX)不能在符号表中定义。应在数据块的声明表中定义。



	Symbol	Address	Data type
1	输送链综合报警	I 6.0	BOOL
2	腻子烘干循环故障	I 6.1	BOOL
3	腻子烘风幕1故障	I 6.2	BOOL
4	腻子烘风2	I 6.3	BOOL
5	腻子烘干废气风机故障	I 6.4	BOOL
6	腻子烘干燃烧机电源故障	I 6.5	BOOL
7	底漆烘干循环风机故障	I 6.6	BOOL
8	底漆烘干风幕风机1故障	I 6.7	BOOL
9	底漆烘干风幕风机2故障	I 7.0	BOOL
10	底漆烘干废气风机故障	I 7.1	BOOL
11	底漆烘干燃烧机电源故障	I 7.2	BOOL
12	腻子强冷室送风机故障	I 7.3	BOOL
13	腻子强冷室排风机故障	I 7.4	BOOL
14	清洗室排风机故障	I 7.5	BOOL
15	手动/自动 选择	I 8.0	BOOL
16	系统启动	I 8.1	BOOL
17	喷漆室超浓度	I 8.6	BOOL
18	喷漆室超CO	I 8.7	BOOL
19	悬链上件处急停	I 9.0	BOOL
20	悬链下件处急停	I 9.1	BOOL
21	悬链底漆室急停	I 9.2	BOOL
22	悬链面漆室急停	I 9.3	BOOL
23	悬链补腻子处急停	I 9.4	BOOL
24	急ting	M 0.0	BOOL
25	手动	M 0.1	BOOL
26	自动	M 0.2	BOOL
27	run	M 0.3	BOOL
28	stop	M 0.4	BOOL
29	输送链急tin	M 2.5	BOOL

图 5-30 符号表

(3) 打开组织块 OB1

单击“Blocks”对象，然后双击 OB1 对象，打开组织块 OB1，开始梯形图输入。逻辑块包括组织块 OB、功能块 FB 和功能 FC，如图 5-31 所示。

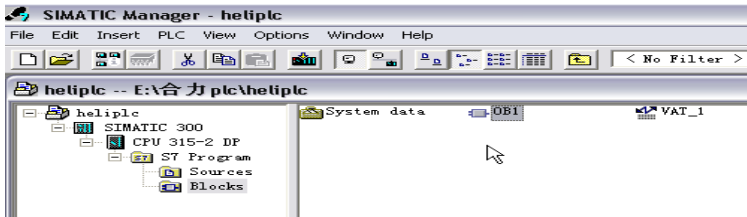


图 5-31 打开组织块 OB1

(4) 打开或关闭符号

菜单命令“View>Display>Symbol information”用来打开或关闭符号信息，如图 5-32 所示。

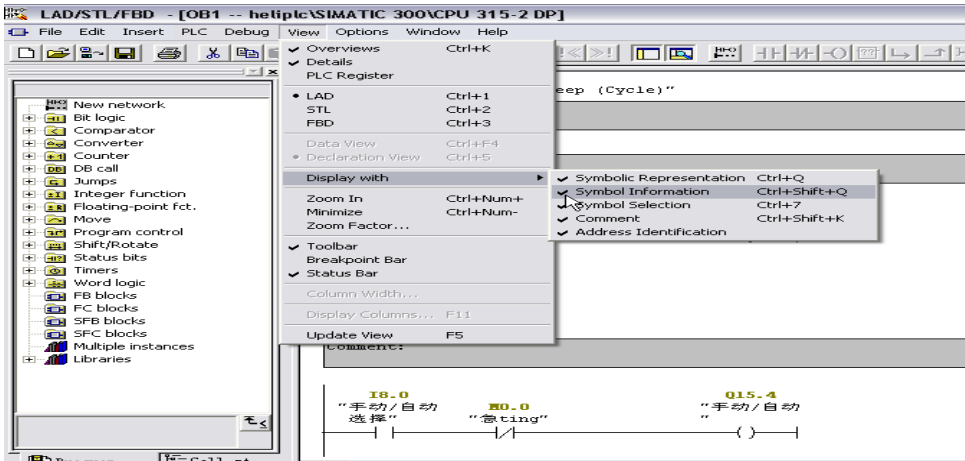


图 5-32 打开或关闭符号



6. 如何输入梯形图组件

- 1) 在段中选择一点，梯形图组件将在该点后面插入。
- 2) 用下列方法之一，在段中插入所需的组件：
① 在菜单“Insert”中选择合适的菜单命令，例如，Insert>LAD Element>Normally Open Contact。
② 用功能键 F2、F3 或 F7 输入一个常开触点、常闭触点或输出线圈。
③ 选择菜单命令 Insert>Program Elements 打开“program Elements（编程组件）”对话框并在目录中选择所需的组件。
- 3) 所选的梯形图组件被插入，问号被用来表示地址和参数，可以修改地址和参数。

7. 如何输入语句表语句

- 1) 通过单击灰色注释框下面的任意区域就可打开正文框。
 - 2) 输入指令、按空格键，然后输入地址（直接或间接地址）。
 - 3) 按空格键并输入以双斜线“//”开始的注释（可选）。
 - 4) 在完成一条（一行）带注释或不带注释的语句后单击“Return”按钮。
- 输入一行完成后，运行语法检查，这条语句形成并显示，指令中或绝对地址中的任何小写字母都转换为大写。查到的语法错误都显示为红色斜体，在存储该逻辑块之前必须修改所有错误。

8. S7-PLCSIM 仿真软件在程序调试中的应用

(1) S7-PLCSIM 的主要功能

S7-PLCSIM 的主要功能是在计算机上对 S7-300/400 PLC 的用户程序进行离线仿真与调试，模拟 PLC 的输入/输出存储器区来控制程序的运行，观察有关输出变量的状态。在运行仿真 PLC 时可以使用变量表和程序状态等方法来监视和修改变量。可以对大部分组织块（OB）、系统功能块（SFB）和系统功能块（SFC）进行仿真。

(2) 使用 S7-PLCSIM 仿真软件调试程序的步骤

- 1) 在 STEP 7 编程软件中生成项目，编写用户程序。
- 2) 打开 S7-PLCSIM 窗口，自动建立了 STEP 7 与仿真 CPU 的连接。仿真 PLC 的电源处于接通状态，CPU 处于 STOP 模式，扫描方式为连续扫描。
- 3) 在管理器中打开要仿真的项目，选中“Blocks”对象，将所有的块下载到仿真 PLC。
- 4) 生成视图对象。
- 5) 用视图对象来模拟实际 PLC 的输入/输出信号，检查下载的用户程序是否正确。

9. STEP 7 与 PLC 的在线连接与在线操作

系统数据（System Data）包括硬件组态、网络组态和连接表也应下载到 CPU。下载的用户程序保存在装载存储器的快闪存储器（FEPROM）中。CPU 电源掉电又重新恢复时，FEPROM 中的内容被重新复制到 CPU 存储器的 RAM 区。

(1) 在线连接的建立与在线操作

- 1) 建立在线连接。必须通过硬件接口连接计算机和 PLC，然后通过在线的项目窗口访问 PLC。管理器中通过执行菜单命令“View>Online”、“View>Offline”进入在线或离线状



态。在线窗口显示的是 PLC 中的内容, 离线窗口显示的是计算机中的内容。如果 PLC 与 STEP 7 中的程序和组态数据是一致的, 在线窗口显示的是 PLC 与 STEP 7 中数据的组合。

2) 处理模式与测试模式。设置 CPU 属性的对话框中的“Protection”(保护) 标签页选择处理(Process) 模式或测试(Test) 模式。

3) 在线操作。进入在线状态后, 执行菜单命令“PLC>Diagnostics>Settings”中不同的子命令。

(2) 下载与上传

1) 下载的准备工作。计算机与 CPU 之间必须建立起连接, 要下载的程序已编译好。在 RUN-P 模式一次只能下载一个块, 建议在 STOP 模式下载。在保存块或下载块时, STEP 7 首先进行语法检查, 应改正检查出来的错误。下载前应将 CPU 中的用户存储器复位, 可以用模式选择开关复位, CPU 进入 STOP 模式, 再用菜单命令“PLC>Clear/Reset”复位存储器。

2) 下载的方法。在管理器的块工作区选择块, 可用 Ctrl 键和 Shift 键选择多个块, 用菜单命令“PLC>Download”将被选择的块下载到 CPU。在管理器左边的目录窗口中选择“Blocks”对象, 下载所有的块和系统数据。

当对块编程或组态硬件和网络时, 在当时主窗口上, 用菜单命令“PLC>Download”下载当前正在编辑的对象, 如图 5-33 所示。

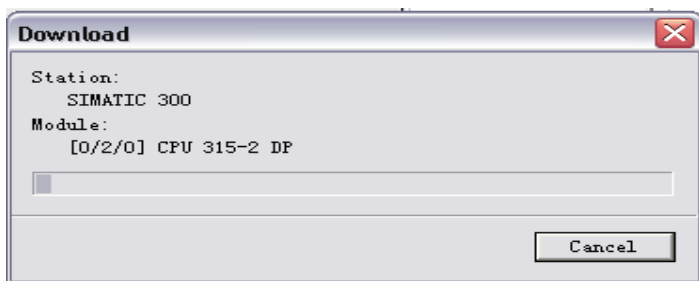


图 5-33 下载到 CPU

3) 上传程序。可以用“PLC>Upload”命令从 CPU 的 RAM 装载到存储器中, 把块的当前内容上传到计算机打开的项目中。

(3) 用变量表调试程序

1) 系统调试的基本步骤。首先进行硬件调试, 可以用变量表来测试硬件, 通过观察 CPU 模块上的故障指示灯, 使用故障诊断工具来诊断故障。下载程序之前应将 CPU 的存储器复位, 将 CPU 切换到 STOP 模式。下载用户程序时应同时下载硬件组态数据。

2) 变量表的生成。可以在管理器中生成新的变量表。或在变量表编辑器中, 可以用主菜单“Table”生成一个新的变量表。在变量表中输入变量, 或从符号表中复制地址, 将它粘贴到变量表。

3) 变量表的使用。

① 建立与 CPU 的连接。

② 定义变量表的触发方式。用菜单命令“Variable>Trigger”打开对话框, 选择触发方式, 如图 5-34 所示。

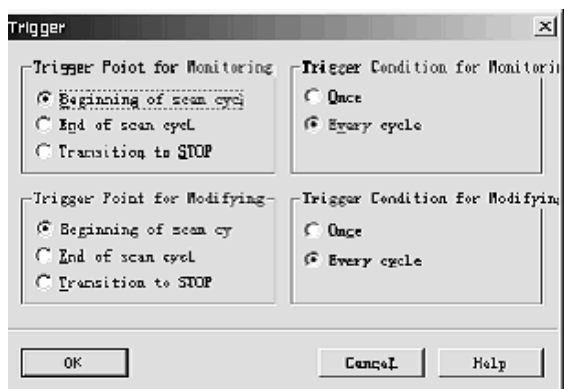


图 5-34 定义变量表的触发方式

③ 监视变量。用菜单命令“Variable>Update Monitor Values”对所选变量的数值作一次立即刷新。

④ 修改变量。在 STOP 模式修改变量时，各变量的状态不会互相影响，并且有保持功能。在 RUN 模式修改变量时，各变量同时又受到用户程序的控制。

⑤ 强制变量。强制变量操作给用户程序中的变量赋一个固定的值，不会因为用户程序的执行而改变，如图 5-35 所示。

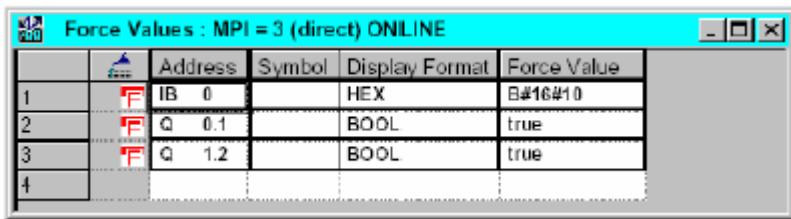


图 5-35 强制数值窗口

强制作业只能用菜单命令“Variable>Stop Forcing”来删除或终止。

(4) 用程序状态功能调试程序

1) 启动程序状态。进入程序状态的条件：经过编译的程序下载到 CPU；打开逻辑块，用菜单命令“Debug>Monitor”进入在线监控状态；将 CPU 切换到 RUN 或 RUN-P 模式。

2) 语句表程序状态的显示，如图 5-36 所示。

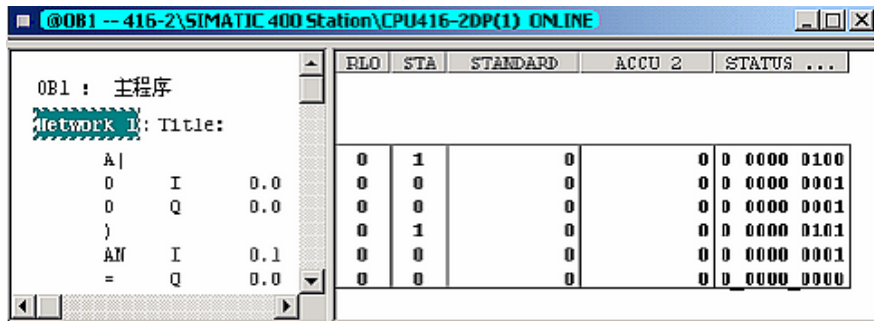


图 5-36 用程序状态监视语句表程序



从光标选择的网络开始监视程序状态，右边窗口显示每条指令执行后的逻辑运算结果（RLO）和状态位 STA（Status）、累加器 1（STANDARD）、累加器 2（ACCU 2）和状态字（STATUS…）。

用菜单命令“Options>Customize”打开的对话框分 STL 标签页选择需要监视的内容，用 LAD/FBD 标签页可以设置梯形图（LAD）和功能块图（SFB）程序状态的显示方式。

3）梯形图程序状态的显示。LAD 和 FBD 中用绿色连续线来表示状态满足，即有“能流”流过，如图 5-37 所示左边较粗较浅的线；用蓝色点状细线表示状态不满足，没有“能流”流过；用黑色连续线表示状态未知。

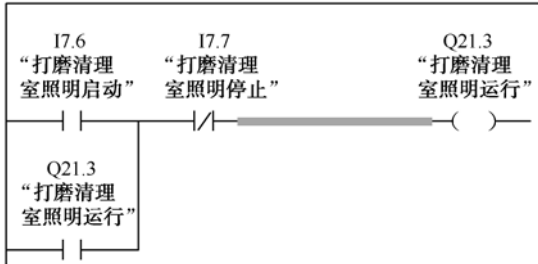


图 5-37 梯形图程序状态的显示

10. 故障诊断

可以在管理器中用“View>Online”打开在线窗口。查看是否有 CPU 显示诊断符号。

（1）模块信息在故障诊断中的应用

建立在线连接后，在管理器中选择要检查的站，执行菜单命令“PLC>Diagnostics/Settings>Module Information”，显示该站中 CPU 模块的信息。如图 5-38 所示，诊断缓冲区（Diagnostic Buffer）标签页中，给出了 CPU 中所发生事件一览表。

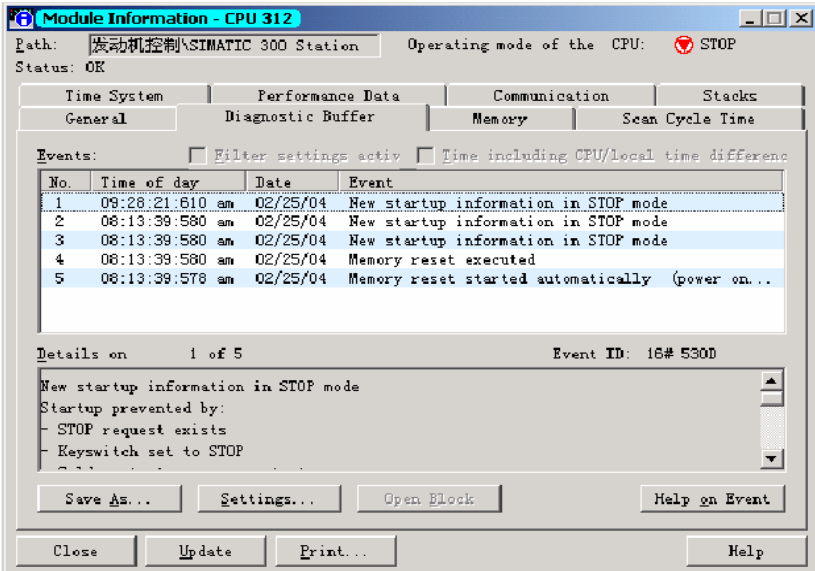


图 5-38 CPU 模块的在线模块信息窗口



图中最上面的事件是最近发生的事件。因编程错误造成 CPU 进入 STOP 模式，选择该事件，并单击“Open Block”按钮，将在程序编辑器中打开与错误有关的块，显示出错的程序段。

(2) 用快速视窗和诊断视窗诊断故障

管理器中选择要检查的站，用命令“PLC>Diagnostics/Settings>Hardware Diagnose”打开 CPU 的硬件诊断快速视窗（Quick View），显示该站中的故障模块，如图 5-39 所示。用命令“Option>Customize”，在打开对话框的“View”标签页中，激活“诊断时显示快速视窗”。

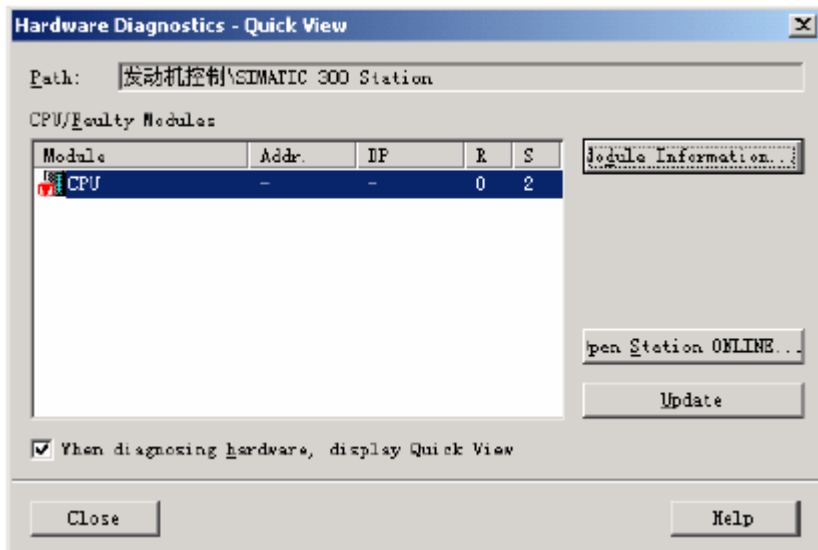


图 5-39 CPU 的硬件诊断快速视窗

诊断视窗实际上就是在线的硬件组态窗口。在快速视窗中单击“Open Station Online”（在线打开站）按钮，打开硬件组态的在线诊断视窗。

在管理器中与 PLC 建立在线连接。打开一个站的“Hardware”对象，可以打开诊断视窗。诊断视窗显示整个站在线的组态。用命令“PLC>ModuleInformation”查看其模块状态。

5.4 S7-300 编程实例

1. 控制传送带

(1)控制要求。一个由电气启动的传送带，在传送带的起点有两个按钮开关：用于 START 的 S1 和用于 STOP 的 S2。在传送带的尾部也有两个按钮开关：用于 START 的 S3 和用于 STOP 的 S4。可以从任何一端启动或停止传送带。另外，当传送带上的物件到达末端时，传感器 S5 使传送带停机。

(2) 定义编程元件符号地址。编程元件符号地址见表 5-6。



表 5-6 编程元件符号地址

符号地址	绝对地址	类据类型	说明
S1	I0.0	BOOL	起点启动按钮
S2	I0.1	BOOL	起点停机按钮
S3	I0.2	BOOL	尾部启动按钮
S4	I0.3	BOOL	尾部停机按钮
S5	I0.4	BOOL	末端传感器
MOTOR_ON	Q0.0	BOOL	电动机

(3) 设计梯形图。如图 5-40 所示为传送带梯形图。

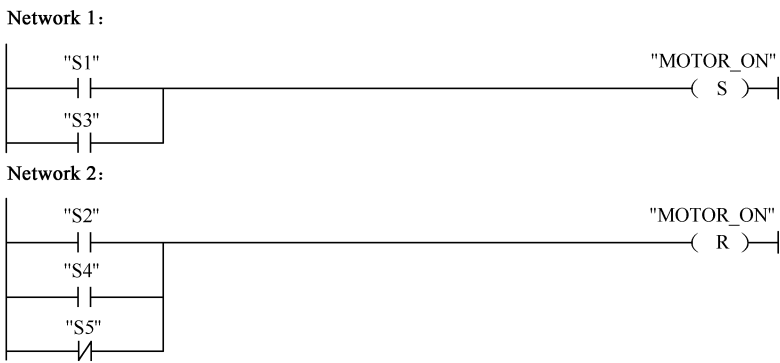


图 5-40 传送带梯形图

2. 脉冲发生器

(1) 控制要求。用定时器可构成脉冲发生器，用了两个定时器产生频率占空比均可设置的脉冲信号。图 5-41 为脉冲发生器的时序图。当输入 I0.0 为 1 时,输出 Q0.0 为 1 或 0 交替进行，脉冲信号的周期为 3s，脉冲宽度为 1s。

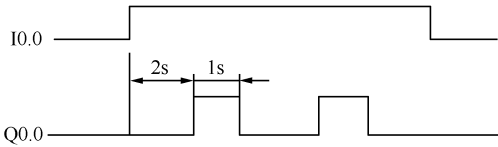


图 5-41 脉冲发生器的时序图

(2) 设计梯形图。如图 5-42 所示为脉冲发生器梯形图。

3. 顺序循环执行程序

(1) 控制要求。当 X0 接通，灯 Y0 亮；经 5s 后，灯 Y0 灭，灯 Y1 亮；经 5s 后，灯 Y1 灭，灯 Y2 亮，再过 5s 后，灯 Y2 灭，灯 Y0 亮，按此顺序循环，其时序图如图 5-43 所示。

(2) 设计梯形图。如图 5-44 所示为顺序循环梯形图。

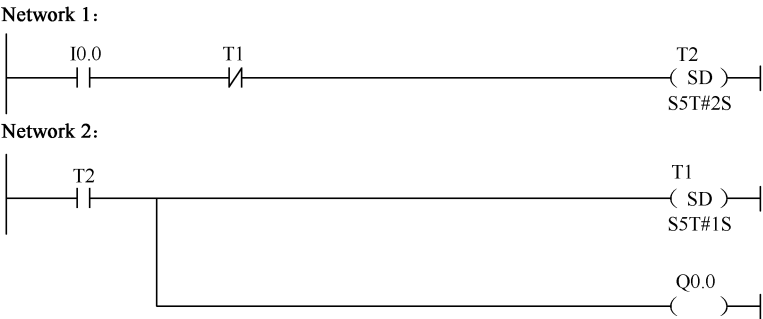


图 5-42 脉冲发生器梯形图

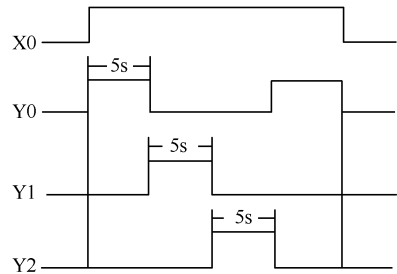


图 5-43 顺序循环执行时序图

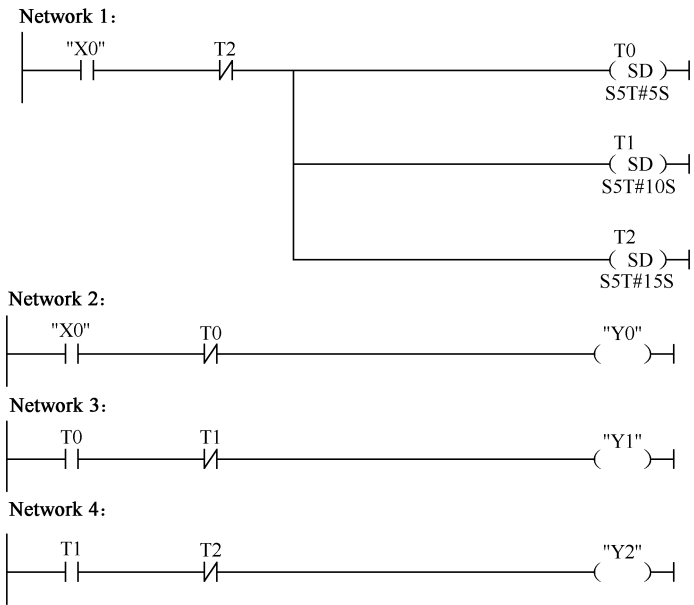


图 5-44 顺序循环梯形图

4. 电动机顺序启动控制程序

- (1) 控制要求。有三台电动机 M1、M2、M3，按下启动按钮后 M1 启动，延时 5s 后 M2 启动，再延时 16s 后 M3 启动。
- (2) 定义编程元件符号地址。编程元件符号地址如图 5-45 所示。



	Symbol	Address	Data Type
1	START	I 0.0	BOOL
2	STOP	I 0.1	BOOL
3	M1	Q 0.0	BOOL
4	M2	Q 0.1	BOOL
5	M3	Q 0.2	BOOL

图 5-45 编程元件符号地址

(3) 设计梯形图。如图 5-46 所示为顺序启动梯形图。

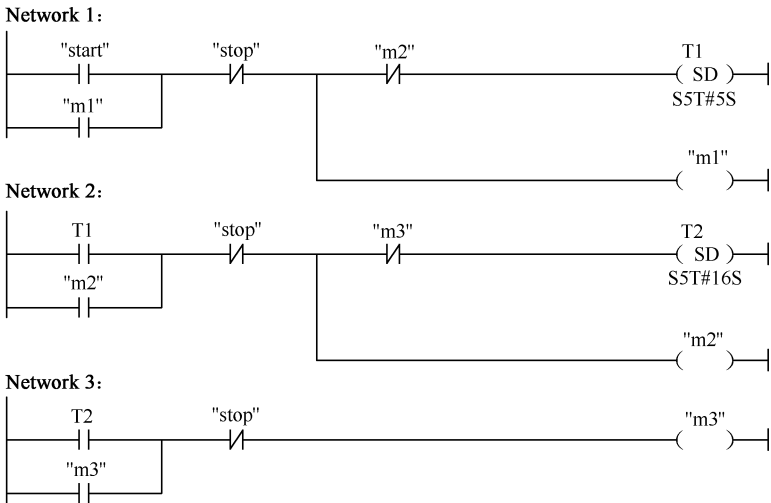


图 5-46 顺序启动梯形图

5. 计数器扩展为定时器

(1) 控制要求。利用时钟存储器，将计数器扩展为定时器。

(2) 定义编程元件符号地址。程序中使用了 CPU 的时钟存储器,设置 MB100 为时钟存储器,则 M100.0 的变化周期为 0.1s。输入符号地址为 I0.1, I0.1 的正跳沿为减计数器 C0 置数,若 I0.0 为 1, 则 C0 每 0.1s 减 1。输出符号地址为 Q0.0。

(3) 设计梯形图。如图 5-47 所示为计数器扩展为定时器梯形图。如果 I0.1 的正跳沿为减计数器 C0 置数,若 I0.0 为 1, 则 C0 每 0.1s 减 1。当 C0 减到 0 后, 输出 Q0.0 为 1。I0.1 的又一个正跳沿使 C0 置数并使输出为 0。这样, 在 I0.0 为 1 后 2s (20×0.1s=2s), Q0.0 为 1, I0.1 的正跳沿使 Q0.0 复位。

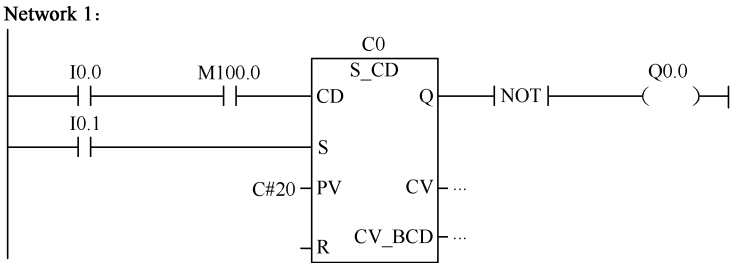


图 5-47 计数器扩展为定时器梯形图



6. 拨码开关设定加热时间

- (1) 控制要求。操作员能够使用拨码开关设定加热时间，操作员设定的值以 BCD 格式用秒单位显示。
- (2) 定义编程元件符号地址。编程元件符号地址见表 5-7。

表 5-7 编程元件符号地址

系统元件	地址
启动按钮	I0.7
个位数拨码开关	I1.0~I1.3
十位数拨码开关	I1.4~I1.7
百位数拨码开关	I0.0~I0.3
开始加热	Q4.0

- (3) 设计梯形图。如图 5-48 所示为拨码开关设定加热时间梯形图。

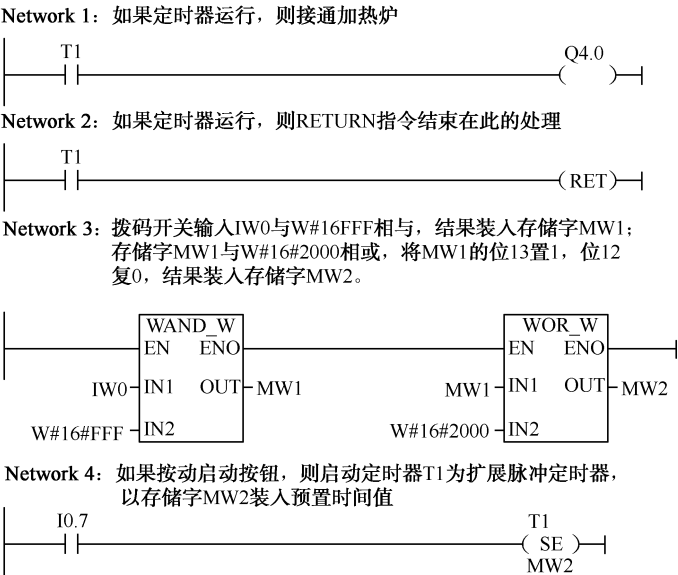


图 5-48 拨码开关设定加热时间梯形图

7. 利用功能块实现时钟脉冲发生器

- (1) 控制要求。使用定时器实现自由设定时钟脉冲发生器功能（脉冲占空系数 1：1）。
- (2) FC1 变量声明表，如图 5-49 所示。

Address	Decl.	Name	Type
0.0	in	TIME_no	TIMER
2.0	out	Lamp	WORD
4.0	in_out	PULSE_BYTE	INT
6.0	in_out	Step0	BOOL

图 5-49 FC1 变量声明表



(3) FC1 梯形图程序，如图 5-50 所示。

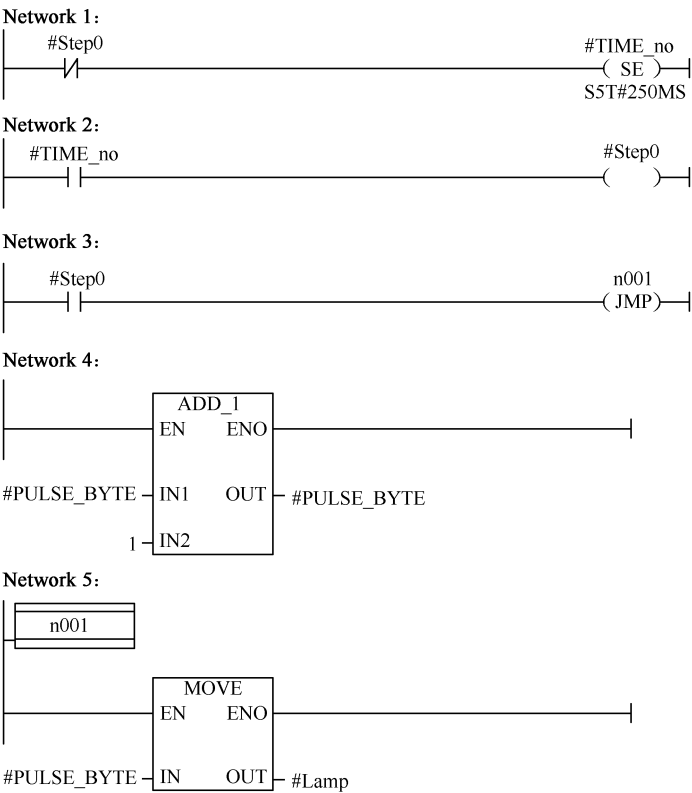


图 5-50 FC1 梯形图

(4) OB1 调用梯形图程序，如图 5-51 所示。

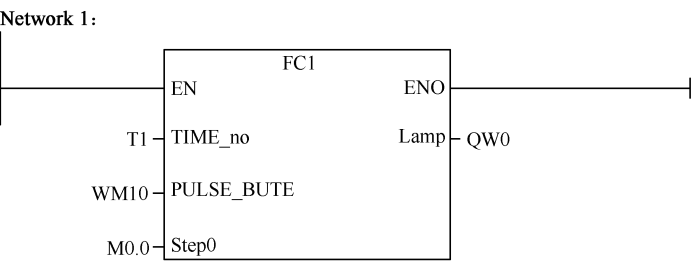


图 5-51 OB1 调用梯形图程序

第 6 章 可编程控制器控制系统设计

6.1 可编程控制器控制系统设计的内容和步骤

学习 PLC 的最终目的是能将其应用到实际的工业控制系统中，在掌握了 PLC 的基本结构、工作原理、指令系统与编程方法后，就可以分析、设计和构建一个 PLC 控制系统了。本章就 PLC 控制系统设计的基本原则、基本内容、步骤，控制系统的软硬件设计内容、方法，以及基本应用实例进行阐述，以便读者掌握。

6.1.1 PLC 控制系统设计的基本内容

1. PLC 控制系统的选择

PLC 是一种专用的工业控制计算机，相对于继电器而言价格较高。因此在应用 PLC 控制系统前，首先应考虑是否有必要使用 PLC。如果被控系统简单，I/O 点数较少，控制要求并不复杂，控制可靠性要求不是很高，就可以考虑采用传统的继电接触控制系统。如果被控系统具有以下特点，则优先选用 PLC 控制系统。

- 1) 系统的输入/输出以开关量为主，开关量 I/O 点数较多；
- 2) 控制系统使用环境条件较差，对控制系统可靠性要求高；
- 3) 系统控制要求较复杂，用常规的继电接触控制难以实现；
- 4) 系统工艺有可能改进或系统的控制要求有可能扩充。

设计 PLC 控制系统时应遵循以下几个基本原则：

- 1) 应该最大限度地满足生产机械或生产流程对电气控制的要求；
- 2) 保证控制系统的安全、可靠；
- 3) 在满足控制要求的前提下，力求使系统简单、经济、操作和维护方便；
- 4) 考虑生产发展和工艺的改进，在选择 PLC 容量时应留有一定的裕量。

2. PLC 控制系统设计的基本内容

PLC 控制系统是由 PLC 与用户输入/输出设备连接而成的。因此，PLC 控制系统的基本内容包括如下几点：

1) 选择用户输入设备（按钮、操作开关、限位开关和传感器等）、输出设备（继电器、接触器和信号灯等执行元件），以及由输出设备驱动的控制对象（电动机、电磁阀等）。这些设备属于一般的电气元件，其选择的方法在其他课程和有关书籍中已有介绍。

2) PLC 的选择。PLC 是 PLC 控制系统的核心部件，正确选择 PLC，对于保证整个控制系统的技术经济性能指标起着重要作用。

选择 PLC，应包括机型的选择、容量的选择、I/O 点数（模块）的选择、电源模块，以



及特殊功能模块的选择等。

3) 分配 I/O 点, 绘制电气连接接口图, 考虑必要的安全保护措施。

4) 设计控制程序。包括设计梯形图、语句表 (即程序清单) 或控制系统流程图。

控制程序是控制整个系统工作的软件, 是保证系统工作正常、安全可靠的关键。因此, 控制系统的设计必须经过反复调试、修改, 直到满足要求为止。

5) 必要时还需设计控制台 (柜)。

6) 编制系统的技术文件, 包括说明书、电气图及电气元件明细表等。

传统的电气图, 一般包括电气原理图、电气布置图及电气安装图。在 PLC 控制系统中, 这一部分图可以统称为“硬件图”。它在传统电气图的基础上增加了 PLC 部分, 因此, 在电气原理图中应增加 PLC 的输入/输出电气连接图 (即 I/O 接口图)。

此外, 在 PLC 控制系统中, 电气图还应包括程序图 (梯形图), 可以称为“软件图”。向用户提供“软件图”, 可方便用户在生产发展或工艺改进时修改程序, 并有利于用户在维修时分析和排除故障。

6.1.2 PLC 控制系统设计的基本步骤

PLC 控制系统设计的一般步骤, 如图 6-1 所示。

1. 流程图功能说明

1) 根据生产的工艺过程分析控制要求: 需要完成的动作 (动作顺序、动作条件及必须的保护和联锁等)、操作方式 (手动、自动; 连续、单周期、单步等)。

2) 根据控制要求确定所需的用户输入/输出设备, 据此确定 PLC 的 I/O 点数。

3) 选择 PLC (考虑性价比等)。

4) 分配 PLC 的 I/O 点, 设计 I/O 电气接口连接图 (也可结合第 2 步进行)。

5) 进行 PLC 的程序设计, 同时可进行控制台 (柜) 的设计和现场施工。

在设计传统的继电器控制系统时, 必须在控制线路 (接线等) 设计完成后, 才能进行控制台 (柜) 的设计和现场施工。由此可见, 可减少整个工程的施工量并大大缩短施工周期。

2. PLC 程序设计步骤

1) 对于较复杂的控制系统, 需绘制系统流程图, 明确给出动作的顺序和条件。

2) 设计梯形图 (并程序清单)。这是比较困难的但也是关键的一步。要设计好梯形图, 首先要十分熟悉控制要求, 同时还要有一定的电气设计基础及实践经验。

3) 程序输入 PLC 并检查输入是否正确。

4) 调试和修改直至满足要求。

5) 控制台 (柜) 及现场施工完成后, 即可进行联机调试, 直至满足生产要求。

6) 编制技术文件。

7) 交付使用。

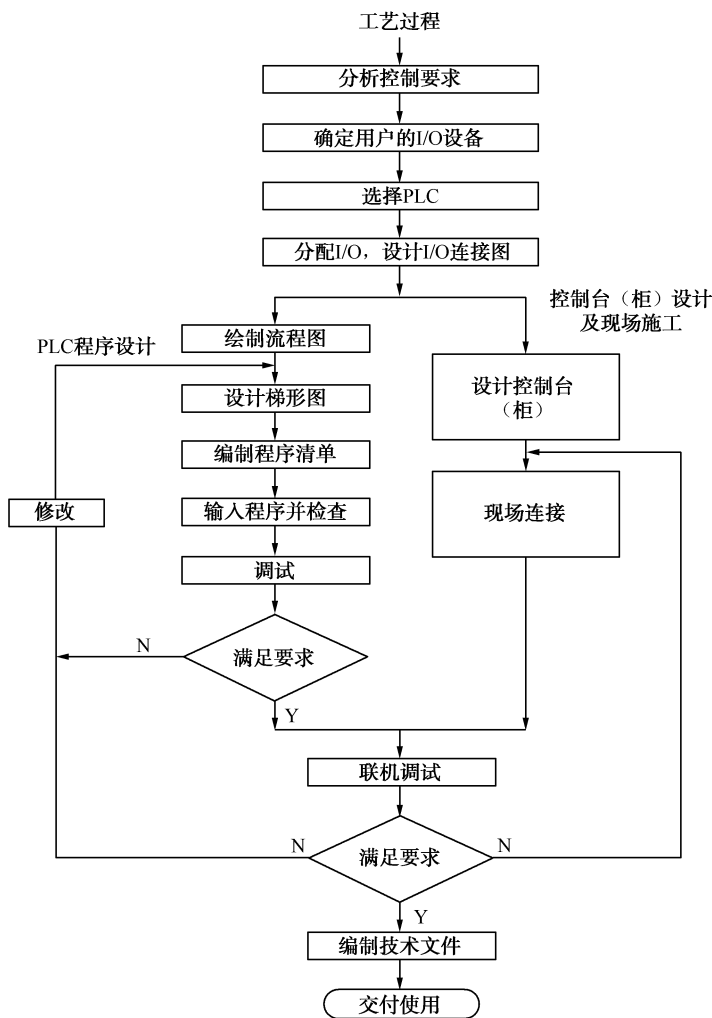


图 6-1 PLC 控制系统设计步骤

6.2 可编程控制器控制系统的硬件设计

控制系统的硬件设计主要包括：PLC 的选择、用户输入/输出设备的确定、控制系统的可靠性设计等。

随着 PLC 的推广普及，PLC 产品的种类和数量越来越多，而且功能也日趋完善。不同厂家、不同系列、不同型号的 PLC，其结构形式、性能、容量、指令系统、编程方式、价格等也各有不同，适用的场合也各有侧重。因此，合理选用 PLC，对于提高 PLC 控制系统的技术经济指标有着重要意义。

PLC 的选择主要应从 PLC 的机型、容量、I/O 模块、电源模块、特殊功能模块、通信联网能力等方面加以综合考虑。



1. 机型的选择

PLC 机型选择的基本原则应是在满足功能要求的前提下, 保证可靠、维护使用方便, 力争具有最佳的性价比, 具体选择时应主要考虑以下几方面。

(1) 结构合理、机型统一

PLC 主要有整体式、模块式、叠装式几种结构形式。整体式 PLC 的每一个 I/O 点的平均价格比模块式的便宜, 且体积相对较小, 因此在控制规模不大, 工艺过程固定, 环境条件较好的场合应优先考虑采用整体式 PLC。但模块式 PLC 在功能扩展方面优于整体式。例如在 I/O 点数量、I/O 点的比例、I/O 模块的种类等方面, 模块式 PLC 的选择余地都比整体式 PLC 大; 维修更换模块、判断故障方面较方便。因此一般用于控制功能较复杂的控制系统。

在大量使用 PLC 的部门, 应在满足控制要求的前提下尽量选择相同型号的 PLC。这样可以简化配置, 同时由于功能和使用方法的统一, 便于功能的开发、技术力量的培训、备品配件的采购和备份、资源共享等, 便于用上位计算机构成多级分布式控制系统或实现工厂自动化 (FA)。

(2) 功能与任务相适应

对于只有开关量控制的场合, 当对控制速度要求不高时, 可选用一般的低档小型机 (如三菱 FX 系列、西门子 S7-200 系列、OMRON C 系列 CPM1A/2A), 具有逻辑运算、定时、计数等基本功能, 能满足相应控制要求。

对于以开关量为主带有少量模拟量控制的应用系统, 如工业生产中经常遇到的温度、压力、流量、液位等, 则应选用带有 A/D、D/A 转换的模拟量输入, 输出模块选择运算功能较强的中小型 PLC (如三菱 A 系列、西门子 S7-300 系列、OMRON CQM 型) 或能支持模拟量扩展单元的小型机, 其指令系统中有数据传送、算术运算等指令。

对于比较复杂、控制要求较高的大中型控制系统, 例如要求实现闭环控制、PID 调节、通信联网等功能时, 可视控制规模及复杂程度选用扫描速度快、控制功能强、联网通信能力强的中高档 PLC (如三菱 Q 系列、西门子 S7-400 系列、OMRON C200 系列)。

(3) 响应速度要求

系统响应时间是指输入信号产生时刻与由此使输出信号状态发生变化时刻的时间间隔。它由输入滤波时间、输出滤波时间、扫描时间三部分组成。PLC 厂家一般给出了输入电路和输出电路的延迟时间和 PLC 的扫描速度, 并作为技术指标衡量其机器性能, 扫描速度一般在 10ms/KB 左右。

由于现代 PLC 有足够高的速度, 可以处理大量的 I/O 数据和解算梯形图逻辑, 因此对于大多数的工业控制来说, 不同档次 PLC 的响应速度一般都能满足其应用范围内的需要。

如果设备的实时性要求高, 或者某些功能或信号有特殊的速度要求时, 则应考虑 PLC 的响应速度或响应时间, 可选用扫描速度高的 PLC, 使用具有高速 I/O 处理功能的这类功能指令, 或选用具有快速响应模块, 如高速计数模块和中断响应处理功能的 PLC 等。



(4) 其他特殊要求

对可靠性要求极高的场合,应考虑是否采用冗余或热备系统。

如果要将 PLC 纳入工厂自动控制网络,应选用具有通信联网功能的 PLC。一般中型以上的 PLC 提供数个串行标准接口 RS-232C 或 PLC 间的通信模块或 Ethernet 通信模块,以便连接打印机或 CRT 等外设、上位计算机、其他 PLC、Ethernet 网络。

是否在线编程,应根据被控设备工艺要求的不同来选择。对于产品定型的设备和工艺不常变动的设备,应选用离线编程的 PLC;反之,可考虑选用在线编程的 PLC。中、小型 PLC 多采用离线编程,大型 PLC 多采用在线编程。

由于目前 PLC 的价格随功能的强弱有较大的差异,在选用时需特别注意,以免造成太多的硬件资源浪费。

2. PLC 容量的选择

PLC 的容量包括 I/O 点数和用户存储器容量两个方面。

(1) I/O 点数的选择

首先根据被控对象的输入/输出设备,对所需的输入/输出点数进行统计,开关量输入点数与开关量输出点数之比一般可按 3:2 估算。在满足控制要求的前提下力争使用的 I/O 点最少,但必须留有一定的余量。通常 I/O 点数是根据统计的点数数据,再加上 10%~15% 的裕量来确定的,以备系统方案的修改或功能的扩展。

(2) 存储器容量的估算

用户程序所需的存储容量大小不仅与 PLC 系统的输入/输出点数、运算处理量、程序结构、控制要求等因素有关,而且还与功能实现的方法、程序编写水平有关。为了设计时对程序容量有一定的估算,通常采用经验估算方法来估算,经验估算方法是根据每个功能器件类型和输入/输出点数统计所需程序容量的。估算公式是:

存储容量(字节) = 开关量 I/O 点数 \times 10 + 模拟量 I/O 通道数 \times 100

另外在存储容量选择的同时,注意对存储器类型的选择。

3. I/O 模块的选择

(1) 开关量输入模块

开关量输入模块用来接收现场输入设备的开关信号(如按钮、行程开关、温控开关、液位开关等),将信号转换为 PLC 内部的低电压信号,并实现 PLC 内、外信号的电气隔离。选择时主要应考虑以下几个方面:

1) 输入信号的类型

开关量输入模块有直流输入、交流输入和交流/直流输入三种类型。选择时主要依据现场输入信号和周围环境因素等。直流输入模块延迟时间较短,还可直接与接近开关、光电开关等电子输入设备连接;交流输入模块可靠性好,适合在有油雾、粉尘的恶劣环境下使用。

2) 输入信号的工作电压

开关量输入信号的工作电压常用的有:直流分别为 5V、12V、24V;交流分别为 110V、230V 等。选择时主要根据现场输入设备与输入模块之间的距离来考虑。



一般 24V 及以下属于低电平安全电压,用于传输距离较近场合或现场有防火、防爆等安全要求的场合,如 12V 输入模块最远不得超过 10m。距离较远的应选用输入电压等级较高的模块。

国内设备多为交流 220V 和 380V 工作电压,国外常用 110V 工作电压。用 230V 电压等级时,一般允许其工作电压在 184~276V 之间。对于国内的电网来说,采用 220V 交流电的工作现场,信号采集方便,传输距离限制较小,它适用于一般环境下的机械设备所在的现场。

3) 输入模块密度

按输入点数来分,常用的有 8 点、16 点、32 点等。对于 32 点及以上的高密度输入模块,同时接通的点数一般不要超过输入点数的 60%。

4) 输入接线方式

开关量输入模块主要有汇点式和分隔式两种接线方式。汇点式开关量输入模块所有输入点共用一个公共端 (COM);而分隔式开关量输入模块是将输入点分成若干组,每一组 (几个输入点) 有一个公共端,各组之间是分隔的。如果输入信号之间不需要分隔,一般选用汇点式开关量。

(2) 开/关量输出模块

开/关量输出模块是把中央处理器 CPU 处理过的内部数字量信号转换成驱动外部输出设备、执行机构、显示灯等负载的开关信号,并实现 PLC 内外信号电气隔离的模块。选择时主要考虑以下几个方面:

1) 输出方式。开关量输出模块有继电器输出、晶闸管输出和晶体管输出三种方式。

继电器输出的价格便宜,可驱动交流或直流负载,而且适用的电压范围广、导通压降小,承受瞬时过电压和过电流的能力较强,但其属于有触点元件,动作速度较慢、寿命较短,只能适用于动作不频繁的交直流负载。当驱动感性负载时,触点动作频率不得超过 1Hz。

对于频繁通断、驱动电流不大、功率因数低的场合,应选用晶闸管或晶体管输出方式,它们属于无触点元件。但晶闸管输出只能用于交流负载,而晶体管输出只能用于直流负载。

感性负载在断开瞬间会产生较高的反向电压,必须采取抑制措施。若是直流感性负载,要在负载两端并联二极管。

2) 输出接线方式。开关量输出模块主要有分组式和分隔式两种接线方式。分组式输出是几个输出点为一组,一组有一公共端,各组之间是分隔的,可分别用于驱动不同电源的外部输出设备;分隔式输出是每一个输出点就有一公共端,各输出点之间相互隔离。选择时主要根据 PLC 输出设备的电源类型和电压等级的多少而定。一般整体式 PLC 既有分组式输出,也有分隔式输出。PLC 的输出方式及连接示意图如图 6-2 所示。

3) 驱动能力。开关量输出模块的输出电流 (驱动能力) 必须大于负载的额定电流。用户应根据实际输出设备的电流大小来选择输出模块的输出电流。如果实际输出设备的电流较大,输出模块无法直接驱动,可增加中间放大环节。对于容性负载、电阻性负载在接通时有冲击电流,应留有足够的裕量。

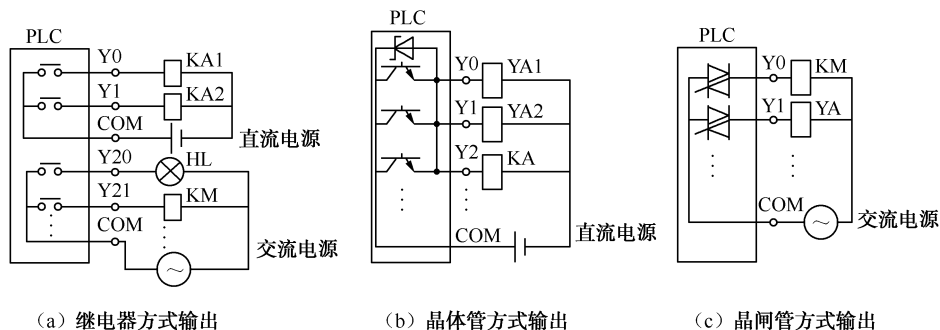


图 6-2 PLC 的输出方式及连接示意图

在选用输出模块时，不但要看一个输出点的驱动能力，还要看整个输出模块的满负荷能力，即输出模块的各个输出通道同时接通点数的总电流不得超过模块规定的最大允许电流。一般同时接通点数不要超过同一 COM 端输出点数的 60%。

(3) 模拟量 I/O 模块及特殊功能模块

PLC 的模拟量 I/O 模块的主要功能是数据转换。模拟量输入 (A/D) 模块是将现场由传感器检测或变送器产生的模拟信号转换成 PLC 内部可接收的数字信号；模拟量输出 (D/A) 模块是将 PLC 内部的数字信号转换为模拟信号输出给变频器、阀门等装置。典型模拟量 I/O 模块的量程为 $-10\sim 10\text{V}$ 、 $0\sim 10\text{V}$ 、 $1\sim 5\text{V}$ 电压型及 $0\sim 20\text{mA}$ 、 $4\sim 20\text{mA}$ 电流型等，可根据实际需要选用，同时还应考虑其分辨率和转换精度等因素。

目前，PLC 制造厂家相继推出了一些具有特殊功能的 I/O 模块，有的还推出了自带 CPU 的智能型 I/O 模块，如高速计数器、凸轮模拟器、位置控制模块、PID 控制模块、通信模块等。设计者要结合工程实际，在选用外部控制设备的同时，合理选用合适的模块。

(4) 电源模块及其他外设的选择

1) 电源模块的选择

电源模块的选择是仅对于模块式结构 PLC 而言的，对于整体式 PLC 不存在电源的选择。电源模块的选择主要考虑电源输出额定电流和电源输入电压。电源模块的输出额定电流必须大于 CPU 模块、I/O 模块和其他特殊模块等消耗电流的总和，同时还应考虑今后 I/O 模块的扩展等因素；电源输入电压一般根据现场的实际需要而定。

2) 编程器、编程软件的选择

对于小型控制系统或缺乏计算机的场合，可选用编程器。随着科技进步及经济的发展，计算机已较好地普及，因此在选好机型后，用户或开发人员往往更多使用生产厂家提供的功能强大的 PLC 编程软件，不但可在 PC 或 IPC 上完全实现编程器的所有功能，而且可以大大提高编程效率和质量。如三菱电动机的 FXGP/WIN 编程软件、西门子的 STEP7-MicroWIN、欧姆龙的 CX-Programmer 编程软件等。

3) 写入器的选择

为了防止由于环境干扰或锂电池电压不足等原因破坏 RAM 中的用户程序，可选用 EPROM 写入器，通过它将用户程序固化在 EPROM 中。有些 PLC 或其编程器本身就具有 EPROM 写入的功能。



6.3 可编程控制器控制系统的软件设计

可编程控制器的软件可分为系统软件和应用软件两大类，可编程控制器控制系统的软件设计仅涉及应用软件设计，不涉及 PLC 系统软件。

PLC 的程序设计是指用户编写程序的设计过程。首先结合被控对象工艺过程的控制要求和现场信号，再对照 PLC 的软继电器编号，画出梯形图，然后用编程语言进行编程。由于可编程控制器的控制功能是以程序的形式体现的，所以程序设计是一个重要的环节。

一般应用程序设计可分为经验设计法、逻辑设计法、移植设计法、顺序功能图（SFC）设计法等。在工程中，对 PLC 应用程序的设计方法的使用，因各个设计人员技术水平和喜好而有较大差异。

1. 经验设计法

经验设计法也叫试凑法，经验设计方法需要设计者熟练掌握一些常见的典型电路，在此基础上再根据被控对象对控制的要求，将实际控制问题分解成典型控制电路，不断地修改和完善梯形图，只到满足要求为止。

经验设计法对于一些比较简单的或与某些典型程序相类似的控制系统的设计是比较奏效的。但由于该方法主要是依靠设计人员的经验进行设计，没有普遍的规律可以遵循，设计所用的时间、设计的质量与编程者的经验有较大关系，故对设计人员的要求较高。对于较复杂的系统，经验设计法一般设计周期长，不易掌握，系统交付使用后维护困难，一般要采用其他方法如顺序功能图设计法等实现。

下面以运料小车控制系统为例介绍经验设计法。

(1) 控制要求

运料小车在 SQ1 处装料（20s），然后开始右行；到达 SQ2 后卸料（15s），然后开始左行；这样不停往复工作，直到按下停止按钮，如图 6-3 所示。

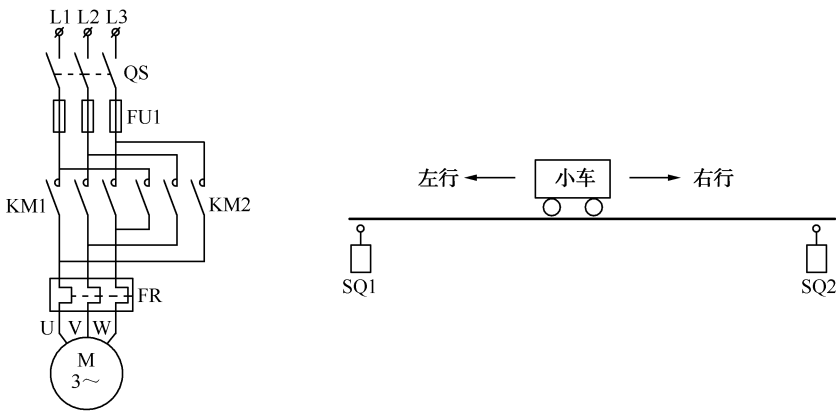


图 6-3 控制要求

(2) 分析控制要求，确定输入/输出设备，绘制 I/O 接线图

1) 要实现小车的左右往复运动，只要对小车的拖动电动机实现正、反转控制即可。这里用两个接触器分别控制小车左行（KM2）和右行（KM1）。



2) 系统的启动(左 SB2、右 SB1)、停止(SB3)需要三个按钮,起点和终点处的两个行程开关是用来自动控制小车往复运动的,也应作为输入设备。

即: SB1—小车右行启动按钮 SB2—小车左行启动按钮

SB3—小车停止按钮 SQ1—左终点行程开关 SQ2—右终点行程开关

(3) 典型单元梯形图程序的引入

引入典型单元梯形图程序,小车的左右往复运动控制就是电动机的正、反转控制(软件互锁、硬件互锁),如图 6-4 所示。

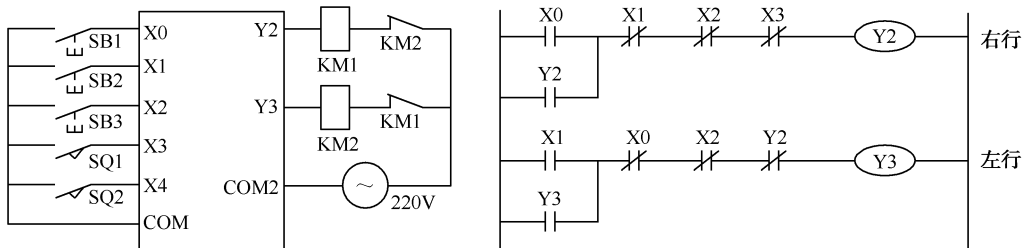


图 6-4 电动机的正、反转典型单元梯形图

(4) 修改、完善以满足控制要求,如图 6-5 所示。

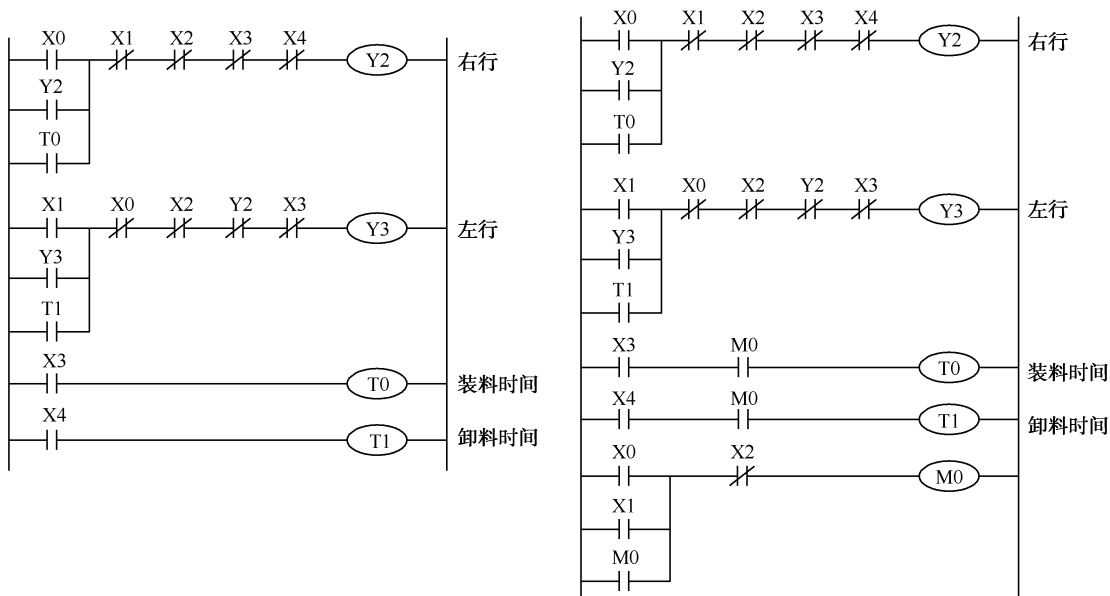


图 6-5 完善梯形图

- 1) 小车在两处装料、卸料需要延时,应增加定时器。
- 2) 延时结束,小车要能自动继续左行或右行,应在 Y2 和 Y3 线圈前加入定时器的延时触点。
- 3) 小车到达 SQ1 或 SQ2 处要能自动停下,应在 Y2 和 Y3 线圈前加入相应行程开关的常闭触点。
- 4) 若小车停在 SQ1 或 SQ2 处,就算曾经按下停止按钮,小车仍然会自行启动。



解决方法：增加辅助继电器记忆启动信号。

2. 逻辑设计法

逻辑设计法是以数字电路中的组合逻辑电路或时序逻辑电路的思想来设计 PLC 程序的。PLC 的最基本功能是逻辑运算，早期 PLC 的应用主要是利用该功能替代继电器控制系统。用“1”和“0”两种状态取值代替传统的继电器及交流接触器等电器元件触点的“吸合”、“断开”或线圈“得电”、“断电”状态，运用逻辑代数设计 PLC 应用程序是完全可行的。

最基本的逻辑关系运算是“与”“或”“非”三种，分别对应 PLC 程序中节点的串联、并联和反状态，并可在此基础上构建更复杂的“与非”、“或与”“与或”等逻辑运算关系。逻辑函数及运算关系和梯形图及指令语句的对应关系见表 6-1。

表 6-1 逻辑函数及运算关系和梯形图及指令语句的对应关系

函数和运算式	梯形图	指令语句程序
逻辑“与” $Y1=f(x1,x2)=x1 \cdot x2$		LD x1 AND x2 OUT Y1
逻辑“或” $Y1=f(x1,x2)=x1+x2$		LD x1 OR x2 OUT Y1
逻辑“非” $f_{M1}(x1)=\overline{x1}$		LD NOT x1 OUT M1
“与”运算式 $f_{y1}=\prod_{i=0}^n x_i = x1 \cdot x2 \cdot \dots \cdot xn$		LD x1 AND x2 ⋮ AND xn OUT Y1
“或/与”运算式 $f_{y1}=(M1+M2) \cdot M3 \cdot \overline{M4}$		LD M1 OR M2 AND M3 AND NOT M4 OUT y1
“与/或”运算式 $f_{y1}=x1 \cdot M0 + x2 \cdot M1$		LD x1 AND M0 LD x2 AND M1 OR LD OUT M2

3. 移植设计法

移植设计法又称为“翻译法”。主要用于采用 PLC 改造继电接触控制系统或在熟悉继电接触控制系统的前提下设计 PLC 应用程序等场合。由于继电器电路图与梯形图有很多相似之处，因此可将前者经过适当的“翻译”，设计出具有相同功能的 PLC 梯形图程序。



4. 顺序控制设计法

(1) 概述

在工业控制领域,顺序控制(步进控制)系统应用很广。顺序控制就是按照生产工艺预先规定的顺序,在各个输入信号的作用下,根据内部状态和时间的顺序,使生产过程中各个执行机构自动而有序地进行工作。

所谓顺序控制设计法就是针对顺序控制系统的一种专门的设计方法。这种设计方法称步进控制设计法,同时作为一种先进的设计方法,易被初学者接受,对于有经验的工程师,也会提高设计效率,方便程序的调试、修改和阅读。

采用顺序控制设计法进行程序设计的基本步骤及内容包括划分“步”、确定转换条件、绘制顺序功能图、编写梯形图程序四个部分。

(2) 顺序功能图的绘制

使用顺序控制设计法时首先要根据系统的工艺过程,画出顺序功能图。

1993年IEC正式颁布了可编程控制器的国际标准IEC 1131-3(以后改称IEC 61131-3),规范了可编程控制器的编程语言及其基本元素,我国于1995年11月发布实施。其中顺序功能图(SFC)被确定为可编程序控制器位居首位的编程语言。

顺序功能图又叫做状态转移图或功能表图,它是描述控制系统的控制过程、功能和特性的一种图形,也是设计可编程序控制器的顺序控制程序的有力工具。顺序功能图并不涉及所描述的控制功能的具体技术,它是一种通用的技术语言,可以供进一步设计和不同专业的人员之间进行技术交流之用。

某些厂家的可编程序控制器允许直接用顺序功能图语言编写用户程序,但是需要高级图形编程器的支持。对于中小型可编程序控制器,一般是将顺序功能图作为一种设计工具,先根据系统对控制的要求,用手工画出顺序功能图,然后根据顺序功能图画出梯形图,将梯形图写入PLC,或将梯形图转换成指令表后,再写入可编程序控制器。

除上述常用的顺序控制设计法外,尚有与以转换为中心的方法类似的仿STL指令的编程方式,以及使用移位寄存器设计顺序控制梯形图的方法,限于篇幅,此略。

6.4 PLC 梯形图设计思维的培养方法

PLC目前被广泛应用于各种生产机械和生产过程的自动控制中,而要掌握这门技术课其学习难点在于梯形图设计,因为PLC程序设计语言很多,最常用的却是梯形图语言,但初学者每次拿到PLC梯形图设计题目就感觉无从下手。

解决这个问题的关键在于对初学者PLC梯形图设计思维的培养。PLC梯形图设计思维是指编程人员如何利用给定的前提条件及工艺要求,为编出PLC梯形图而进行的分析、综合、判断、推理等认识活动的过程。为了适应企业熟练操作的需求,需要培养一种思维习惯,形成一种熟练的思维模式,应重视以下几个方面的教学。PLC梯形图设计思维的方法主要有以下几种。

(1) 模仿法

在学习PLC原理后还没有完全掌握的基础上,模仿某种现成的梯形图模式学着做。比如



模仿 1h 定时梯形图设计方法来练习编写 24h 定时程序。图 6-6 所示为利用一个计数器，以 M8014 作为分时钟脉冲的 1h 定时程序。图 6-7 所示为利用三个计数器，以 M8013 作为秒时钟脉冲的 24h 定时程序。

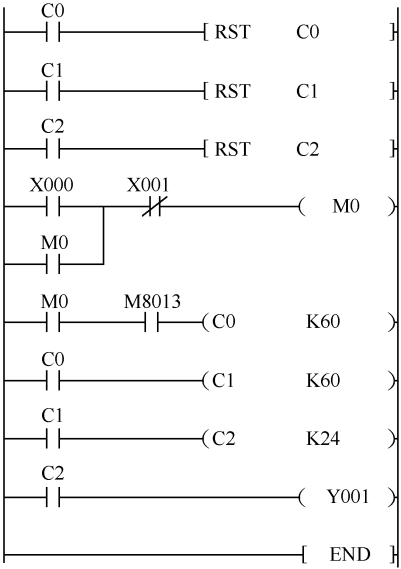
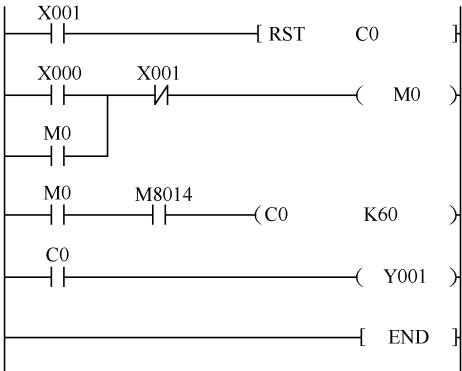


图 6-6 以 M8014 作为分时钟脉冲的 1h 定时程序 图 6-7 以 M8013 作为秒时钟脉冲的 24h 定时程序

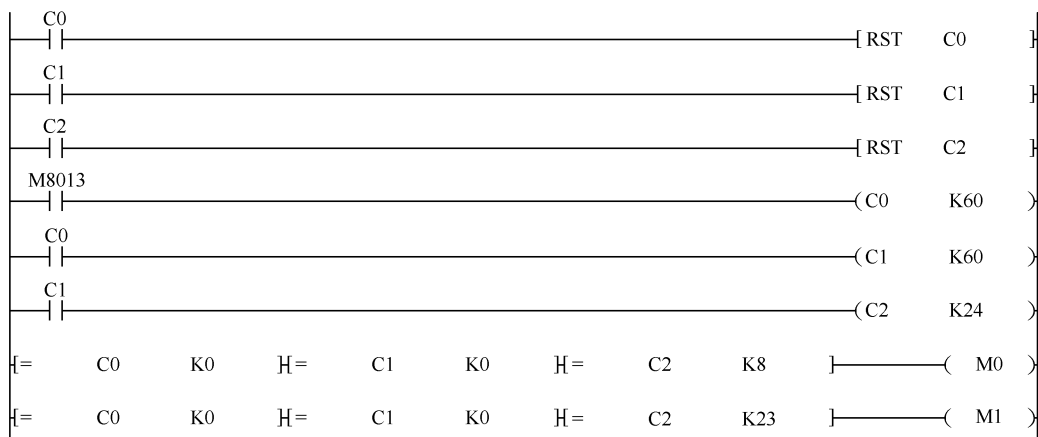
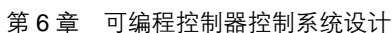
(2) 补全法

补全就是把不完整的地方补充完整。这种学习方法是一种常用的较为有效的做题方法，题目结构一般是完整的，但命题者有时根据上下文的意思表达而故意省去一些成分以增加试题的难度。在做题时，就要求一定要审清题意，分析透彻结构，补出省略的部分。这种方法可以培养初学者去理解别人的思维过程，进而把这种思维转化为自己的思维方式。这种方法同样也适用 PLC 梯形图设计。

(3) 分块法

分块的目的就是把一个复杂的工程，分解成多个比较简单的小任务，如数学中对于行数 and 列数较高的矩阵运算，常采用矩阵分块法使大矩阵的运算化成小矩阵的运算，将矩阵用若干条纵线和横线分成许多个小矩阵，使大矩阵的运算化成小矩阵的运算，问题就简单多了。这种思维方式就是要抓住命题要害，把大问题小问题化，PLC 中好多控制题目能用分块法进行梯形图设计，如空调水泵的自动控制程序，就可以分成三小块分别进行梯形图设计，先设计定时程序（早上 8:00 启动，晚上 23:00 停）；再设计手动启动/停止（X001, X002）及自动启动/停止（M0, M1）程序，（Y001 输出到主接触器，Y002 输出到星接触器，Y003 输出到三角接触器）电动机星三角降压启动程序；最后设计自保功能程序（0.5h 内不能连续启动/停止三次）。分别设计好后再把三部分跟据题目要求结合在一起就可以完成控制要求。

1) 先设计定时程序（早上 8:00 启动，晚上 23:00 停），如图 6-8 所示。



第 7 章 PLC 网络通信

7.1 PLC 常用通信接口

计算机与计算机或计算机与终端之间（PLC 等）的数据传送可以采用串行通信和并行通信两种方式。串行通信方式具有使用线路少、成本低等优点，特别是在远程传输时，避免了多条线路特性的不一致，因而被广泛采用。在串行通信时，要求通信双方都采用一个标准接口，使不同的设备可以方便地连接起来进行通信。目前常用串行通信接口标准有 RS-232C、RS-422 和 RS-485 等。

（1）RS-232C

RS-232C 接口（又称 EIA RS-232C）是目前最常用的一种串行通信接口。它是美国电子工业协会 EIA（Electronic Industry Association）制定的一种串行物理接口标准。RS 是英文“推荐标准”的缩写，232 为标识号，C 表示修改次数。它的全名是“数据终端设备（DTE）和数据通信设备（DCE）之间串行二进制数据交换接口技术标准”。它既是一种协议标准，又是一种电气标准，它规定了终端和通信设备之间信息交换的方式和功能。

该标准规定采用一个 25 个脚的 DB25 连接器，对连接器每个引脚的信号内容，以及各种信号的电平加以规定。随着设备的不断改进，现在 DB25 针很少看到了，代替它的是 DB9 的接口，DB9 所用到的管脚比 DB25 有所变化，具体引脚定义和功能见表 7-1。

表 7-1 RS-232C 接口引脚信号定义及功能

引脚号 (9 针)	引脚号 (25 针)	信号名称	符 号	信号方向	功 能
1	8	载波检测	DCD	DTE←DCE	表示 DCE 接收到远程载波
2	3	接收数据	RxD	DTE←DCE	DTE 接收串行数据
3	2	发送数据	TxD	DTE→DCE	DTE 发送串行数据
4	20	数据终端准备好	DTR	DTE→DCE	DTE 准备就绪
5	7	信号地	GND		信号公共参考地
6	6	数据设备准备好	DSR	DTE←DCE	DCE 准备就绪
7	4	请求传送	RTS	DTE→DCE	DTE 请求 DCE 将线路切换到发送方式
8	5	允许发送	CTS	DTE←DCE	DCE 应答 DTE 线路已接通可发送数据
9	22	振铃指示	CI (RI)	DTE←DCE	表示 DCE 与线路接通，出现振铃

RS-232C 接口标准是目前计算机和 PLC 中最常用的一种串行通信接口。PLC 一般使用 9 针的连接器。当通信距离较近时（<15m），可以用电缆线直接连接标准 RS-232 端口，此时只需 3 根连接线。



目前较为常用的串口有 9 针串口 (DB9) 和 25 针串口 (DB25), 通信距离较近时, 可以用电缆线直接连接标准 RS-232 端口 (RS-422、RS-485 较远), 若距离较远, 需附加调制解调器 (MODEM)。最为简单且常用的是三线制接法, 即地、接收数据和发送数据三脚相连。

串口传输数据只要有接收数据针脚和发送针脚就能实现: 同一个串口的接收脚和发送脚直接用线相连, 两个串口相连或一个串口和多个串口相连时, 不同串口的接收脚和发送脚直接用线相连。对 9 针串口和 25 针串口, 均是 2 与 3 直接相连。

记住一个原则: 接收数据针脚 (或线) 与发送数据针脚 (或线) 相连, 彼此交叉, 信号地对对应相接。

有了 RS-232C 口, PLC 与计算机、PLC 与 PLC 可以通信连网。如图 7-1 所示为工控机与 OMRON PLC RS-232C 口的一种常用的连接方法。

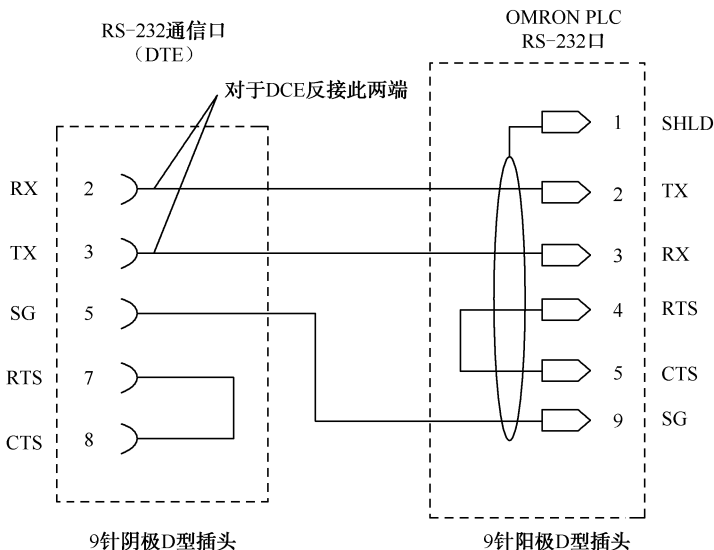


图 7-1 PLC RS-232C 口连接

RS-232C 的不足:

- 传输速率和通信距离有限, 在异步传输时, 波特率一般不超过 20Kb/s, 最大传输距离在 50m 左右;
- 没有规定连接器, 因而产生不同的设计方案, 这些方案有时不兼容;
- 抗干扰能力弱, 使用一根信号线和一根信号返回线构成共地的传输形式, 是单端驱动单端接收的电路, 如图 7-2 所示, 这种共地传输容易产生共模干扰。

(2) RS-422

针对 RS-232C 的不足, EIA 于 1977 年推出了串行通信标准 RS-499, 对 RS-232C 的电气特性做了改进, RS-422 是 RS-499 的子集。

RS-422 标准是一种以平衡方式传输的标准, 即双端发送和双端接收, 根据两条传输线之间的电位差值来决定逻辑状态。RS-422 采用平衡驱动、差分接收电路, 如图 7-3 所示, 从根本上取消了信号地线, 大大减少了信号地线所带来的共模干扰。

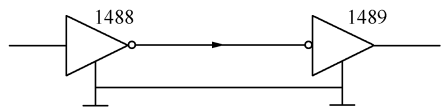


图 7-2 单端驱动单端接收电路

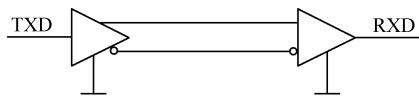


图 7-3 平衡驱动差分接收电路

平衡驱动器相当于两个单端驱动器，其输入信号相同，两个输出信号互为反相信号，图中的小圆圈表示反相。外部输入的干扰信号是以共模方式出现的，两极传输线上的共模干扰信号相同，因接收器是差分输入，共模信号可以互相抵消。只要接收器有足够的抗共模干扰能力，就能从干扰信号中识别出驱动器输出的有用信号，从而克服外部干扰的影响。

RS-422 的最大传输距离为 1200m，最大传输速率为 10Mb/s。其平衡双绞线的长度与传输速率成反比，在 100Kb/s 速率以下，才可能达到最大传输距离。只有在很短的距离下才能获得最高传输速率。一般 100m 长的双绞线上所能获得的最大传输速率仅为 1Mb/s。

FX2 系列 PLC 的编程接口采用 RS-422 标准，而计算机的串行口采用 RS-232 标准。因此，作为实现 PLC 计算机通信的接口电路，必须将 RS-422 标准转换成 RS-232 标准。

(3) RS-485

在自动化领域，随着分布式控制系统的发展，迫切需要一种总线能适合远距离的数字通信。在 RS-422 标准的基础上，EIA 研究出了一种支持多节点、远距离和接收高灵敏度的 RS-485 总线标准。由于 RS-485 是从 RS-422 基础上发展而来的，所以 RS-485 许多电气规定与 RS-422 相仿。如都采用平衡传输方式、都需要在传输线上接终结电阻等。

RS-485 与 RS-422 的区别在于 RS-485 为半双工通信方式，RS-422 为全双工方式。RS-422 用两对平衡差分信号线分别用于发送和接收，所以采用 RS-422 接口通信时最少需要 4 根线。RS-485 只用一对平衡差分信号线，不能同时发送和接收，最少只需两根连线。使用 RS-485 通信接口和双绞线（总线）可组成串行通信网络，构成分布式系统，系统允许最多并联 32 个站，新的接口器件可允许连接 128 个站。RS-485 总线网络，如图 7-4 所示。

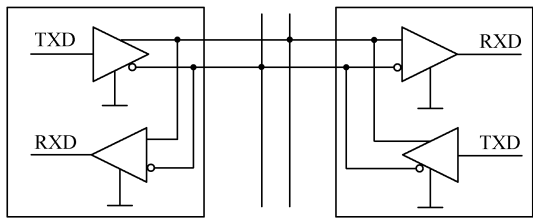


图 7-4 RS-485 总线网络

由于 RS-485 接口具有较高的传输速率（10Mb/s 以上）、较好的抗干扰能力、较长的传输距离（1200m）和多站能力（最多 128 站），同时硬件设计简单、控制方便、成本低廉等优点，所以在工厂自动化、工业控制等领域广泛应用。

RS-422/RS-485 接口一般采用使用 9 针的 D 型（DB9）连接器。普通个人计算机一般不配备 RS-422 和 RS-485 接口，但工业控制计算机基本上都有配置，也可以使用 RS-232 转 RS-422/RS-485 的转换适配器来连接。

(4) USB

USB 是英文“Universal Serial Bus”的缩写，意为“通用串行总线”。是由 Compaq（康



柏)、DEC、IBM、Intel、NEC、微软,以及 Northern Telecom (北方电讯) 等公司于 1994 年 11 月共同提出的,主要目的是为了解决接口标准太多的弊端。USB 使用一个 4 针插头作为标准插头,并通过这个标准插头,采用菊花瓣形式把所有外设连接起来,它采用串行方式传输数据,目前最大数据传输率为 12Mb/s,支持多数据流和多个设备并行操作,允许外设热插拔。USB 接口到现在才发展了两代(USB1.0/1.1, USB2.0)。USB2.0 规范的支持者除了原有的康柏、Intel、微软和 NEC 四个成员外,还有惠普、朗讯和飞利浦三个新成员。USB2.0 将向下兼容 USB1.1,数据的传输率将达到 480Mb/s,支持数字摄像设备、下一代扫描仪、打印机及存储设备。

USB 为所有的 USB 外设提供了单一的、易于操作的标准连接类型。这样一来就简化了 USB 外设的设计,同时也简化了用户在判断哪个插头对应哪个插槽时的任务,实现了单一的数据通用接口。减少了硬件的复杂性和对端口的占用,整个 USB 系统只有一个端口和一个中断,节省了系统资源。

USB 支持热插拔(Hot Plug),也就是说在不关 PC 的情况下可以安全的插上和断开 USB 设备,动态的加载驱动程序。其他普通的外围连接标准,如 SCSI 设备等必须在关掉主机的情况下才能增加或移走。

7.2 典型 PLC 网络通信方法介绍

伴随着计算机、自动化等技术的飞速发展,PLC 的网络化已成为未来 PLC 发展的主要方向。现代化的工业企业中,工厂自动化(FA)广泛采用,PLC 的应用往往采用多级网络的形式,这就涉及 PLC 的网络类型及网络通信等问题。

7.2.1 PLC 网络类型及通信协议

1. PLC 网络的基本拓扑结构

在 PLC 控制网络中,根据网络拓扑结构可分为三种基本形式:星型、总线型和环型结构,如图 7-5 所示。

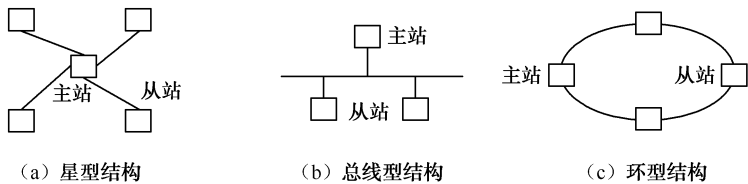


图 7-5 PLC 的网络结构

(1) 星型结构

图 7-5 (a) 是星型结构。这种结构有中心节点,网络上其他节点都与中心节点相连接。通信由中心节点管理,任何两个节点之间通信都要经过中心节点中继转发。这种结构的控制方式简单,但可靠性较低,一旦中心节点出现故障,整个系统就会瘫痪。PLC 较少采用。



(2) 总线结构

图 7-5 (b) 是总线结构。所有节点连接到一条公共通信总线上。任何节点都可以在总线上传送数据，并且能被总线上任意节点所接收。这种结构简单灵活，容易加扩新节点，甚至可用中继器连接多个总线。节点间通过总线直接通信，速度快、延迟小。某个节点故障不会影响其他节点的工作，可靠性高。但由于所有节点共用一条总线，总线上传送的信息容易发生冲突和碰撞，出现争用总线控制权、降低传输效率等问题。该结构 PLC 较多采用，如 OMRON 的 Controller Link、SYSMAC Link、Ethernet 等很多网是总线结构。

(3) 环形结构

图 7-5 (c) 是环形结构。在环上数据按事先规定好的一个方向从源节点传送到目的节点，路径选择控制方式简单。但由于从源节点到目的节点要经过环路上各个中间节点，某个节点故障会阻塞信息通路，可靠性差。

2. PLC 网络类型

对于 PLC 网络，按其组成规模的大小分为简单网络和多级复杂网络。

(1) 简单网络

简单网络主要是指以个人计算机为主站，一台或多台同型号的 PLC 为从站，组成的简易集散控制系统。在这种系统中，个人计算机充当操作站，实现编程、显示、操作、监控，以及报警等功能，而多台 PLC 负责控制任务。也可以 PLC 作为主站，其他多台同型号 PLC 作为从站，构成主从式网络。在主站 PLC 上配有显示器和打印机等，共同完成操作站的各项功能。例如，在一上位通信系统中，个人计算机作为主站，PLC 作为从站。计算机一般有 RS-232C 接口，当传输距离较近时，计算机与 PLC 之间的连接用 RS-232C 接口标准即可，当传输距离较远时，RS-232C 接口标准要先通过 RS-232C/RS-422 变换成 RS-422 接口标准，然后再进行通信。要注意 PLC 的类型不同，通信系统中最大的从站数量也不同。

(2) 多级复杂网络

现代大型工业企业中，一般采用多级网络的形式。不同 PLC 厂家的自动化系统网络结构的层数及各层的功能分布有所差异，但 PLC 制造商们常常用生产金字塔 (PP, Productivity Pyramid) 结构来描述其产品可实现的功能。如德国 SIMENS 公司采用的四层生产金字塔由企业管理级、工厂与过程管理级、过程监控级、过程测量与控制级等构成；美国 AB 公司采用的五层生产金字塔由管理资讯级、主控中心级、分散控制级、独立工作级、现场机电级等构成。不同 PLC 厂家自动化系统的网络结构层数及各层的功能分布有所差异，但在工厂自动化系统中，都是 PLC 及其网络从上到下各层在通信基础上相互协调，共同发挥作用的。

这种金字塔结构的共同特点是：底层负责现场的监测与控制，中间层负责生产过程的监控和优化，上层负责生产管理。

最基本 PLC 的生产金字塔及网络通常分为如图 7-6 所示的三层结构。

1) 管理层 (信息层)：它是网络的最高级，主要采用通用计算机 (包括大、中型计算机)，负责工程和产品设计、制定材料资

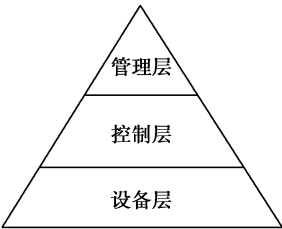


图 7-6 生产金字塔及网络



源计划、处理有关生产数据、企业内部协调管理等方面的工作。

2) 控制层：是在生产线上使用计算机和 PLC 的数据控制级，又称中间级，主要负责自动线、生产线上的数据采集、编程调试、工艺优化选择、参数设定等工作。

3) 设备层：是网络的最低级，主要使用 PLC 及其相关控制设备对生产过程进行实时控制，直接操纵设备的运行，以实现各种控制功能。

PLC 网络系统的三层结构是一个互联的整体，方便工业生产，从测量、控制到管理实现“测管控一体化。”

3. 通信协议

在 PLC 网络中采用的通信协议分为两类：通用协议、不同公司的专用协议。

(1) 通用协议

在网络金字塔的各个层次中，高层次子网中一般采用通用协议，如 PLC 网之间的互联及 PLC 网与其他局域网的互联，这表明工业网络向标准化和通用化发展的趋势。高层子网传送的是管理信息，与普通商业网络性质接近，同时要解决不同种类的网络互联。国际标准化组织 ISO (International Standard Organization) 于 1978 年提出的开放系统互联 OSI (Open Systems Interconnection) 模型一般分为 7 层，如图 7-7 所示。

OSI 参考模型将整个网络通信的功能划分为七个层次，它们由低到高分别是物理层、数据链路层、网络层、传输层、会议层、表示层、应用层。每层完成一定的功能，每层都直接为其上层提供服务，并且所有层次都互相支持。第四层到第七层主要负责互操作性，而第一层到第三层则用于创造两个网络设备间的物理连接。在该模型中，实际通信就是通过物理层在物理互联媒体上进行的，上面的任何一层都以物理层为基础，对等层之间可以实现开放系统互联。常用的通用协议有两种：MAP (Manufacture Automation Protocol) 协议和 Ethernet 协议。这也反映 PLC 网络标准化与通用化的趋势。PLC 网的互联，以及 PLC 网与其他局域网的互联将通过高层进行。



图 7-7 OSI 模型

(2) 专用协议

低层子网和中间层子网一般采用专用协议，尤其是底层子网，由于传送的是过程数据及控制命令，这种信息较短，但实时性要求高。专用协议的层次一般只有物理层、数据链路层及应用层，而省略了通用协议所必须的其他层，信息传递速率快。

实际应用中，一般采用 3、4 级子网构成复合型结构，而不一定是开发系统互联 (OSI) 参考模型的 7 层，不同层采用相应的通信协议。

计算机加入不同级别的子网，必须按所连入的子网配置通信模板，并按该级子网配置的通信协议编写用户程序，一般在 PLC 中不需编写程序。对于协议比较复杂的主干网，可购置厂家供应的通信软件装入计算机中，将使用户编写通信程序变得简单、方便。



7.2.2 常用的 PLC 网络通信方法介绍

1. 主从总线 1:N 通信方式

主从总线通信方式又称为 1:N 通信方式,这是在 PLC 通信网络上采用的一种通信方式。在总线结构的 PLC 子网中只有一个主站(一台 PC 或一台主 PLC),其他都是从站,故主从总线通信方式又称为 1:N 通信方式。主从机之间的数据交换方式常用查询、中断和广播三种方式。

1) 查询方式:首先要建立查询表,它是一个从机号排列顺序表,该表配置在主站中,主站按照查询表的排列顺序对从站进行询问,与从机进行数据交换,从而达到分配总线使用权的目的。

2) 中断方式:发送请求标志位和中断标志位均被置位,这种传输具有最高优先权。如果接收从机的中断位也被置位,则表示有数据传输。只有机号在中断表中的从机能产生中断,若同时有两个以上中断请求,则按中断表中的顺序执行,这时中断方式必须和查询方式交叉进行,执行一次中断传输后,执行一次查询传输,再执行等待着的中断传输。

3) 广播方式:主机发送一个信息给 PLC 网络中的所有从机,从机执行该信息指定的操作,但不回送信息给主机。

主从总线通信方式采用集中式存取控制技术分配总线使用权,通常采用查询法,为了保证实时性,要求查询表包含每个从站号不能少于一次,这样在周期查询时,每个从站在一个周期中至少有一次机会取得总线使用权,从而保证了每个站的基本实时性,对于实时性要求比较高的站,可以在轮询表中让其从机号多出现几次,这样就用静态的方式,赋予该站较高的通信优先权。在有些主从总线中,查询法与中断法结合使用,让紧急任务可以打断正常的周期轮询而插入,获得优先服务,这就是用动态的方式赋予某项紧急任务以较高优先权。

存取控制只解决了谁使用总线的问题,获得总线的从站还有如何使用总线的问题,即采用什么样的数据传送方式。

主从总线通信方式中有两种基本的数据传送方式。一种是只允许主从通信,不允许从从通信,从站与从站要交换数据,必须经主站中转;另一种是既允许主从通信也允许从从通信,从站获得总线使用权后安排主从通信,再安排自己与其他从站(即从从)之间的通信。

2. 等同系统间接通信访问方式

(1) CSMA/CD (Carrier-Sense Multiple Access with Collision Detection, 载波侦听多路访问/冲突检测)方式

CSMA/CD 是一种随机通信方式,适用于总线结构的 PLC 网络,总线上各站地位平等,没有主从之分。采用 CSMA/CD 存取控制方式,该控制方式用通俗的语言描述为“先听后讲,边讲边听”。所谓先听后讲是指要求使用总线的各站,在发送数据之前必须先监听,看看总线是否空闲,确认总线空闲后再向总线发送数据。“先听后讲”并不能完全避免冲突,如果仍发生了冲突,则不能等到差错校验时再发现,这样对通信资源浪费太严重,而要采用“边讲边听”的方式。发送数据的站,一边发送,一边监听,若发现冲突,立即停止发送,并发出阻塞音,通知网上的其他站发生了冲突,经短暂延时后又重新发送。网络上任意节点均具有检测介质上通信忙闲情况的能力,若侦听到空闲,则网络上任意节点都可以发送信息,这可能



出现两个以上的节点同时发送信息的情形,造成冲突。因此,网上任意节点又各有检测通道,检测所发送信息是否遭遇冲突,如果是则放弃本次发送,

CSMA/CD 存取控制方式不能保证在一定时间周期内,PLC 网上每个站都可获得总线使用权,也不能用静态方式赋予某些站以较高优先权,不能用动态方式赋予某些紧急通信任务以较高优先权,因此这是一种不能保证实时性的存取控制方式,但是它采用随机方式,方法本身简单,而且见缝插针,只要总线空闲就抢着上网,通信资源利用率高,因而在 PLC 网络中 CSMA/CD 通信法适合用于上层生产管理子网。

CSMA/CD 通信方式的数据传送方式可以选用有连接、无连接、有应答、无应答及广播通信中的任意一种,这可按对通信速度及可靠性的要求取舍。

(2) 令牌通信方式

令牌通信方式又称为 N:N 通信方式。有少量的 PLC 网络采用环形拓扑结构,其存取控制采用令牌法,具有较好的实时性。在环形结构总线上的 PLC 有 N 个站,它们地位平等没有主站与从站之分,也可以说 N 个站都是主站,所以称为 N:N 通信方式。

N:N 通信方式采用令牌总线存取控制技术。在物理总线上组成一个逻辑环,让一个令牌(Token)在逻辑环中按一定方向依次流动,获得令牌的站就取得了总线使用权,令牌总线存取控制方式限定每个站的令牌有时间,保证在令牌循环一周时每个站都有机会获得总线使用权,并提供优先级服务,因此令牌总线存取控制方式具有较好的实时性。

在环形结构总线上,每一瞬间只允许一个节点发送信息,即有一个称为令牌(Token)的发信权数据在环路上不断传送,拥有此令牌的节点才有权向环路上发送信息,而其他节点则只能接收信息。节点在传送信息完毕后将令牌交给网络上的下一个节点,若该节点无信息需要发送,便将令牌顺次移交下一个节点。采用该方式的网络上每个节点都知道信息的来去动向,保证了较高的信息传输确定性,且能计算信息传输的延迟时间,较适合于实时系统应用。

取得令牌的站采用什么样的数据传送方式对实时性影响非常明显。如果采用无应答数据传送方式,取得令牌的站可以立即向目的站发送数据,发送结束,通信过程也就完成了。如果采用有应答数据传送方式,取得令牌的站向目的站发送完数据后并不算通信完成,必须等目的站获得令牌并把答应帧发给发送站后,整个通信过程才结束。这样响应明显增长,而使实时性下降。

有些令牌总线型 PLC 网络的数据传送方式固定为有应答数据传送方式一种,有些则可由用户选择。

3. 浮动主站通信方式

浮动主动通信方式又称 N:M 通信方式,它适用与总线结构的 PLC 网络。假设在总线上有 M 个站,其中 N ($N < M$) 个为主站,其余为从站,故称为 N:M 通信方式。

N:M 通信方式采用令牌总线与主从总线相结合的存取控制技术。首先把 N 个主站组成逻辑环,通过令牌在逻辑环中依次流动,在 N 个主站之间分配总线使用权,这就是浮动主站的含义。获得总线使用权的主站再按照主从方式来确定在自己的令牌持有时间内与哪些站通信。一般在主站中配置有一张查询表,可按查询表上排列的其他主站号及从站号进行轮询,获得令牌的主站对于用户随机提出的通信任务可按优先级安排在轮询之前或之后进行。



获得总线使用的主站可以采用多种数据传送方式与目的站通信,其中无应答无连接方式速度最快。

4. 周期 I/O 通信方式

可编程控制器的远程 I/O 链路是一种 PLC 控制网络,在远程 I/O 链路中采用“周期 I/O 方式”交换数据。远程 I/O 链路按主从方式工作,可编程控制器带的远程 I/O 主单元在远程 I/O 链路中担任主站,其他远程 I/O 单元皆为从站。在主站中设立一个“远程 I/O 缓冲区”,采用信箱结构,划分为 n 个分箱与每个从站一一对应,每个分箱再分为两格,一格管发送,一格管接收。主站中负责通信的处理器采用周期扫描方式,按顺序与各从站交换数据,把与其对应的分箱中发送分格的数据送给从站,从从站中读取数据存入与其对应的分箱接收分格中。这样周而复始,使主站中的“远程 I/O 缓冲区”得到周期性的刷新。

在主站中 PLC 的 CPU 单元负责用户程序的扫描,它按照循环扫描方式进行扫描处理,每个周期都有一段集中进行 I/O 处理,这时它对本地 I/O 单元及远程 I/O 缓冲区进行读/写操作。PLC 的 CPU 单元对用户程序的周期性循环扫描,与 PLC 负责通信的处理器对各远程 I/O 单元的周期性扫描是异步进行的。

尽管 PLC 的 CPU 单元没有直接对远程 I/O 单元进行操作,但是由于远程 I/O 缓冲区获得周期性刷新,PLC 的 CPU 单元对远程 I/O 缓冲区的读/写操作就相当于直接访问了远程 I/O 单元。

主站中负责通信的处理器采用周期扫描方式与各从站交换数据,使主站中“远程 I/O 缓冲区”得到周期性刷新,这样一种通信方式既涉及到周期又涉及 I/O,因而被称为“周期 I/O 方式”,这种通信方式要占用 PLC 的 I/O 区,因此只适用于少量数据的通信。从表面看来远程 I/O 链路的通信就好像是 PLC 直接对远程 I/O 单元进行读/写操作,所以简单。

5. 全局 I/O 通信方式

全局 I/O 通信方式是一种串行共享存储区通信方式,主要用于带有链接区的 PLC 之间的通信。

全局 I/O 通信方式的通信原理如图 7-8 所示。在 PLC 网络的每台 PLC 的 I/O 区中各划出一块来作为链接区,每一个链接区都采用邮箱结构。相同编号的发送区与接收区大小相同,占用相同的地址段,一个为发送区,其他皆为接收区。采用广播方式通信。PLC1 把 1 发送区的数据在 PLC 网络上广播,PLC2、PLC3 接收到后把它接收下来存入各自的 1#接收区中,PLC2 把 2#发送区的数据在 PLC 网络上广播,PLC1、PLC3 接收到后把它接收下来存入各自的 2#接收区中,PLC3 把 3#发送区数据在 PLC 网上广播,PLC1、PLC2 把它接收下来存入各自的 3#接收区中。显然通过上述广播通信过程,PLC1、PLC2、PLC3 的各链接区中数据是相同的,这个过程称为等值变化过程,通过等值化通信使得 PLC 网络中的每台 PLC 链接区中的数据保持一致。它既包含着自己送出去的数据,也包含着其他 PLC 送来的数据。由于每台 PLC 链接区大小一样,占用的地址段相同,每台 PLC 只要访问自己的链接区,就等于访问了其他 PLC 的链接区,也就相当于与其他 PLC 交换了数据。这样链接区就变成了名副其实的共享存储,共享区成为各 PLC 交换数据的中介。

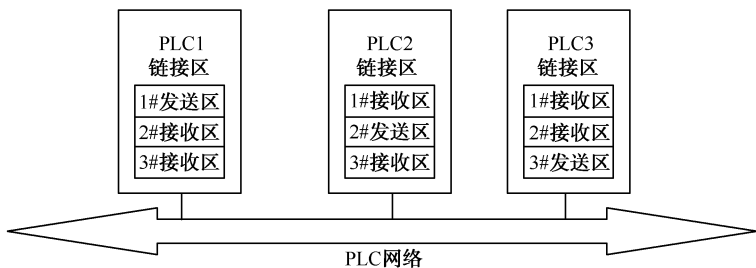


图 7-8 全局 I/O 通信方式的通信原理

当然这里的共享存储区与并行总线的共享存储区在结构上有些差别，它把物理上分布在各站的链接区，通过等值化通信使其好像重叠在一起，在逻辑上变成一个存储区，大小与一个链接区一样，这种共享存储区称为串行共享存储区。

链接区可以采用异步方式刷新（等值化），也可以采用同步方式刷新。异步方式刷新与 PLC 中用户程序无关，由各 PLC 所带的通信处理器按顺序进行广播通信，周而复始，使其所有链接区保持等值化，同步方式刷新是由用户程序中对链接区的发送指令启动一次刷新，这种方式只有当链接区的发送数据变化时才刷新（等值化），这样事半功倍。

全局 I/O 方式中的链接区是从 PLC 的 I/O 区划分出来的，经过等值化通信变成所有 PLC 共享（全局共享），因此称为“全局 I/O 方式”。这种方式下 PLC 直接用读/写指令对链接区进行读/写操作，简单、方便、快速，但应注意在一台 PLC 中对某地址的写操作在其他 PLC 中对同一地址只能进行读操作。与周期 I/O 方式一样，全局 I/O 方式也要占用 PLC 的 I/O 区，因而这适用于少量数据的通信。

PLC 网络中，各站通过通信子网互联在一起，当某站对子网请求通信时，它对响应时间是有要求的，不同站对实时性的要求可能不同，同一站不同通信任务对实时性的要求也可能不同。一项通信任务的实时性得到满足是指其响应时间小于规定的时限。一个站的实时性合乎要求是指该站提出的所有通信任务在指定的时限内都能获得响应。整个通信子网的实时性符合要求是指分布在子网上每一个站的每项通信任务的实时性均得到保证。

PLC 网络的实时性首先是由它所选用的存取控制方式来保证的。此外提高实时性还可以通过减少通信协议的层数来实现。另外选择适当的数据传送方式对于提高实时性有明显的效果，发送数据要求对方答应，比无应答服务慢得多，要求连接又要有应答的服务则更慢，而广播式通信最快。当然不能只考虑实时性，还要考虑可靠性。

7.3 典型的 PLC 网络结构

PLC 的网络化作为 PLC 发展的主要方向之一，在工厂自动化中广泛采用。这里向大家简单介绍三家比较知名且市场占有率较高的 PLC 产品构成的 PLC 网络，即日本三菱电动机公司的 PLC 网络、OMRON 公司的 OMRON PLC 网络以及德国西门子公司的 PLC 网络。

1. 三菱 PLC 网络

三菱公司 PLC 网络继承了传统使用的 MELSEC 网络，并使其在性能、功能、使用简便等方面更胜一筹。Q 系列 PLC 提供层次清晰的三层网络，针对各种用途提供最合适的网络产



品，如图 7-9 所示。

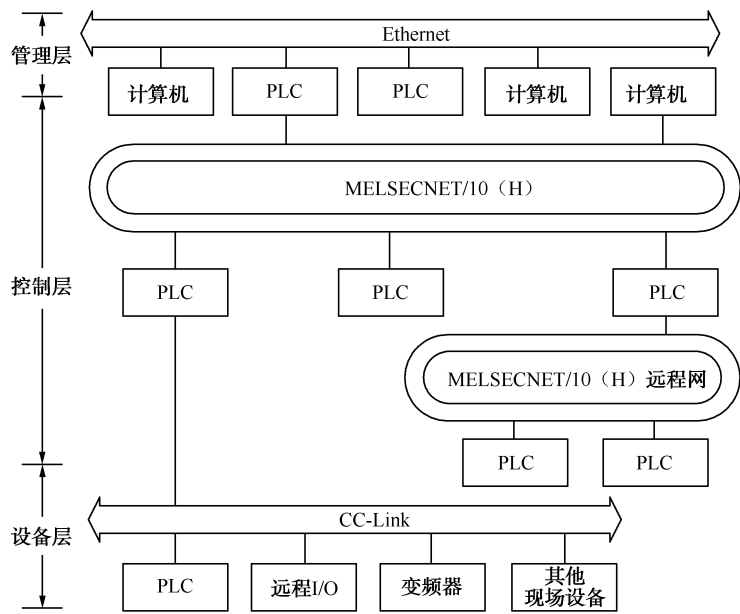


图 7-9 三菱公司的 PLC 网络

(1) 信息层/Ethernet（以太网）

信息层为网络系统中最高层，主要是在 PLC、设备控制器以及生产管理用 PC 之间传输生产管理信息、质量管理信息及设备的运转情况等数据。信息层使用最普遍的是 Ethernet。它不仅能够连接 Windows 系统的 PC、UNIX 系统的工作站等，而且还能连接各种 FA 设备。Q 系列 PLC 系列的 Ethernet 模块具有了日益普及的因特网电子邮件收发功能，使用户无论在世界的任何地方都可以方便地收发生产信息邮件，构筑远程监视管理系统。同时，利用因特网的 FTP 服务器功能及 MELSEC 专用协议可以很容易地实现程序的上传/下载和信息的传输。

(2) 控制层/MELSECNET/10（H）

控制层是整个网络系统的中间层，是 PLC、CNC 等控制设备之间方便且高速地进行处理数据互传的控制网络。作为 MELSEC 控制网络的 MELSECNET/10，以它良好的实时性、简单的网络设定、无程序的网络数据共享概念，以及冗余回路等特点获得了很高的市场评价，被采用的设备台数在日本达到最高，在世界上也是屈指可数的。而 MELSECNET/H 不仅继承了 MELSECNET/10 优秀的特点，还使网络的实时性更好，数据容量更大，进一步适应市场的需要。但目前 MELSECNET/H 只有 Q 系列 PLC 才可使用。

(3) 设备层/现场总线 CC-Link

设备层是把 PLC 等控制设备和传感器及驱动设备连接起来的现场网络，为整个网络系统最低层的网络。采用 CC-Link 现场总线连接，布线数量大大减少，提高了系统可维护性。而且，不只是 ON/OFF 等开关量的数据，还可连接 ID 系统、条形码阅读器、变频器、人机界面等智能化设备，从完成各种数据的通信，到终端生产信息的管理均可实现，加上对机器动



作状态的集中管理,使维修保养的工作效率也大大提高。在 Q 系列 PLC 中使用,CC-Link 的功能更好,而且使用更简便。

在三菱 PLC 网络中进行通信时,不会感觉到有网络种类的差别和间断,可进行跨网络间的数据通信和程序的远程监控、修改、调试等工作,而无需考虑网络的层次和类型。

MELSECNET/H 和 CC-Link 使用循环通信的方式,周期性自动地收发信息,不需要专门的数据通信程序,只需简单的参数设定即可。MELSECNET/H 和 CC-Link 是使用广播方式进行循环通信发送和接收的,这样就可做到网络上的数据共享。

对于 Q 系列 PLC 使用的 Ethernet、MELSECNET/H、CC-Link 网络,可以在 GX Developer 软件界面上设定网络参数以及各种功能,简单方便。

另外, Q 系列 PLC 除了拥有上面所提到的网络之外,还可支持 PROFIBUS、Modbus、DeviceNet、ASi 等其他厂商的网络,还可进行 RS-232/RS-422/RS-485 等串行通信,通过数据专线、电话线进行数据传送。

2. SIEMENS 公司的 PLC 网络

西门子 PLC 的网络适合不同的控制需要,为各个网络层次之间提供了互联模块或装置,利用它们可以设计出满足各种应用需求的控制管理网络。西门子 S7 系列 PLC 网络如图 7-10 所示,它采用 3 级总线复合型结构,最低一级为远程 I/O 链路,负责与现场设备通信,在远程 I/O 链路中配置周期 I/O 通信机制。中间一级为 Profibus 现场总线或主从式多点链路。前者是一种新型现场总线,可承担现场、控制、监控 3 级通信,采用令牌方式与主从轮询相结合的存取控制方式;后者为一种主从式总线,采用主从轮询式通信。最高一层为工业以太网,它负责传送生产管理信息。在工业以太网通信协议的下层中配置以 802.3 为核心的以太网协议,在上层向用户提供 TF 接口,实现 AP 协议与 MMS 协议。

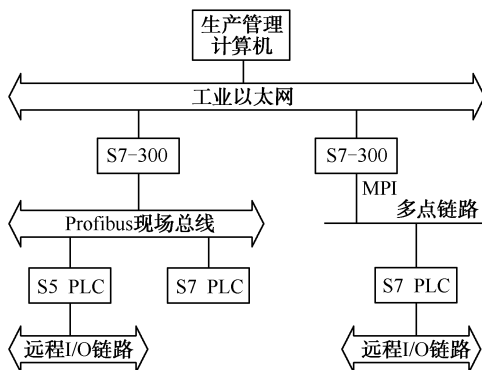


图 7-10 西门子 S7 系列 PLC 网络

7.4 S7-300 与 S7-200 的 EM277 之间的 PROFIBUS DP 通信

S7-300 与 S7-200 通过 EM277 进行 PROFIBUS DP 通信,需要在 STEP7 中进行 S7-300 站组态,在 S7-200 系统中不需要对通信进行组态和编程,只需要将要进行通信的数据整理存放在 V 存储区中,与 S7-300 的组态 EM277 从站的硬件 I/O 地址相对应就可以了。



(1) Install New GSD

选中 STEP7 硬件组态窗口中的菜单 Options>Install New GSD，导入 SIEM089D.GSD 文件，安装 EM277 从站配置文件，如图 7-11 所示。

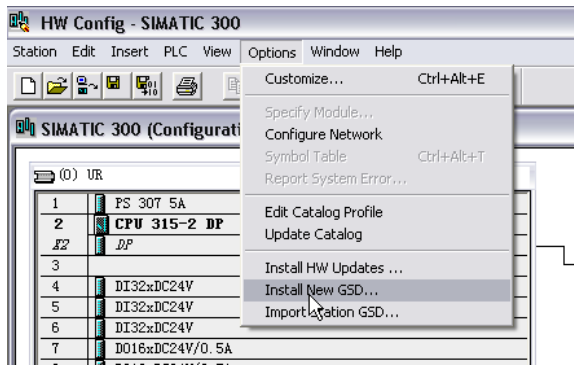


图 7-11 Install New GSD

找到有 EM277 的 GSD 文件在 SIMATIC 文件夹，选 SIEM089D.GSD 文件，如图 7-12 所示。

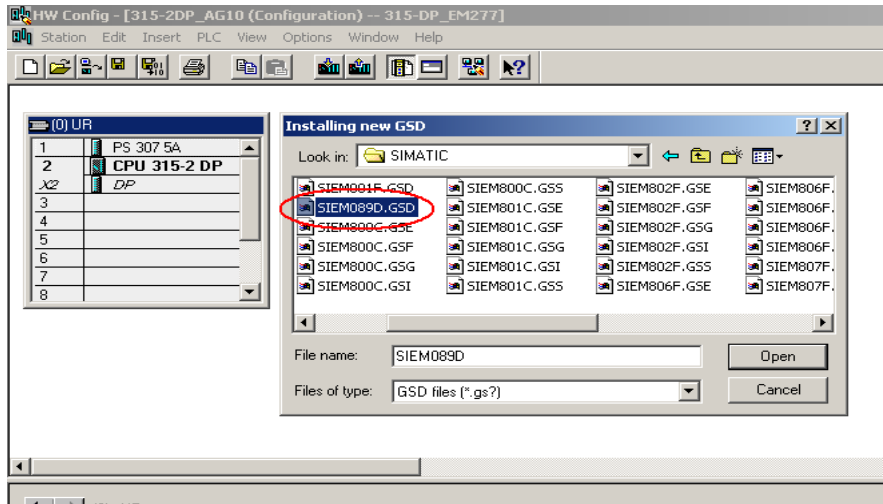


图 7-12 选 SIEM089D.GSD 文件

(2) 选择通信字节数

导入 GSD 文件后，在右侧的设备选择列表中找到 EM277 从站，PROFIBUS DP>Additional Field Devices>PLC>SIMATIC>EM277，并且根据您的通信字节数，选择一种通信方式，本例中选择了 32 字节入/32 字节出的方式，如图 7-13 所示。

(3) 设置站地址

EM277 上的拨位开关设定要与 EM277 从站组态的站地址一致，这里都设为 1，双击 EM277 从站图标打开 EM277 PROFIBUS-DP 属性对话框，站地址设为 1，如图 7-14 所示。

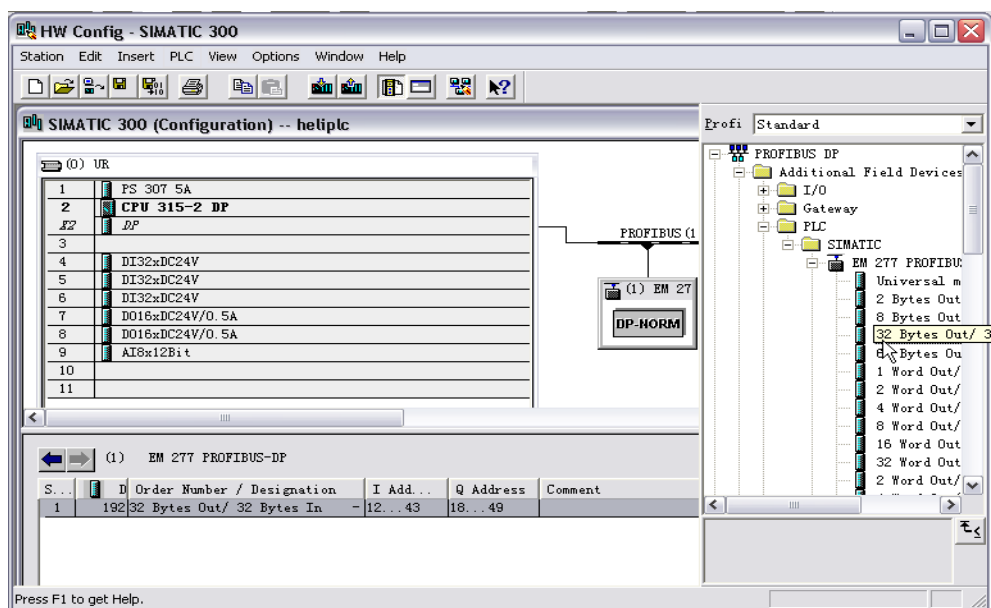


图 7-13 选择 EM277 通信方式

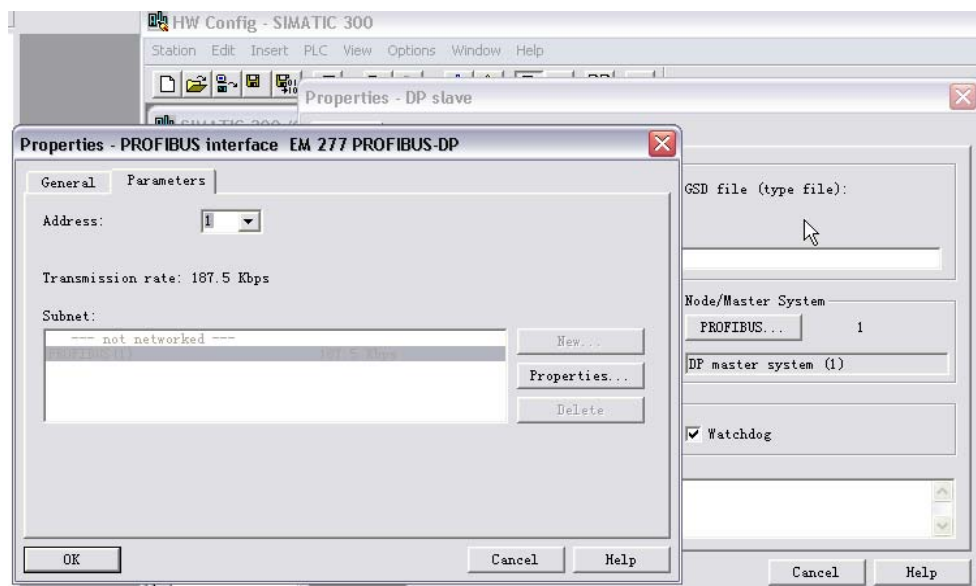


图 7-14 PROFIBUS-DP 属性对话框

(4) 设置 I/O Offset in the V-memory

I/O Offset in the V-memory 设为 0，表示 S7-200 通信变量从 vb0 开始，如图 7-15 所示。

(5) 下载硬件配置

组态完系统的硬件配置后，将硬件信息下载到 S7-300 的 PLC 中，如图 7-16 所示。

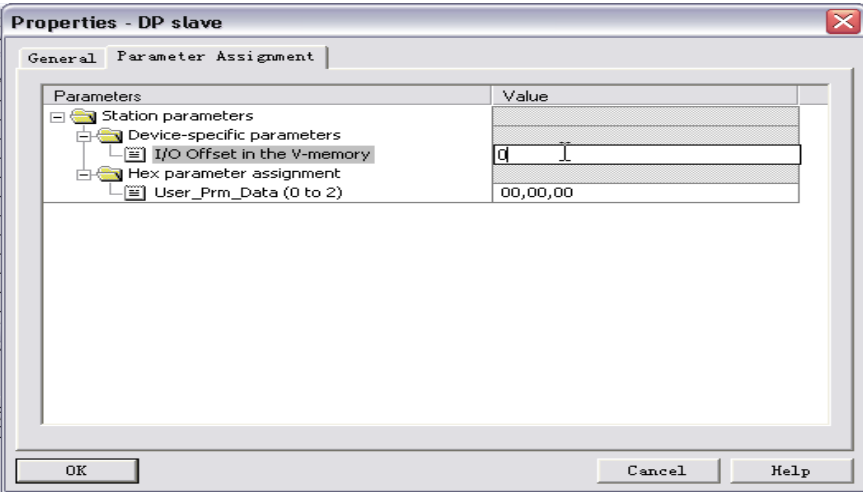


图 7-15 配置 I/O Offset in the V-memory

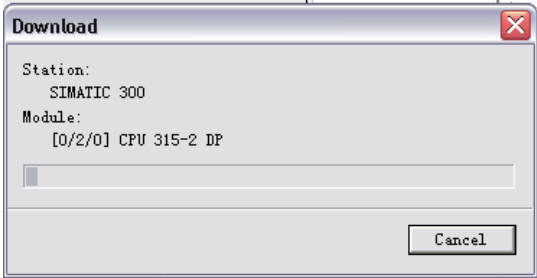


图 7-16 硬件信息下载

(6) 测试数据交换

S7-300 的硬件下载完成后，将 EM277 的拨位开关拨到与以上硬件组态的设定值一致，在 S7-200 中编写程序将进行交换的数据存放在 VB0~VB63，对应 S7-300 的 PQB18~PQB59 和 PIB12~PIB43，打开 STEP7 中的变量表（如图 7-17 所示）和 STEP7 MicroWin32 的状态表进行监控，它们的数据交换结果如图 7-18 和图 7-19 所示。

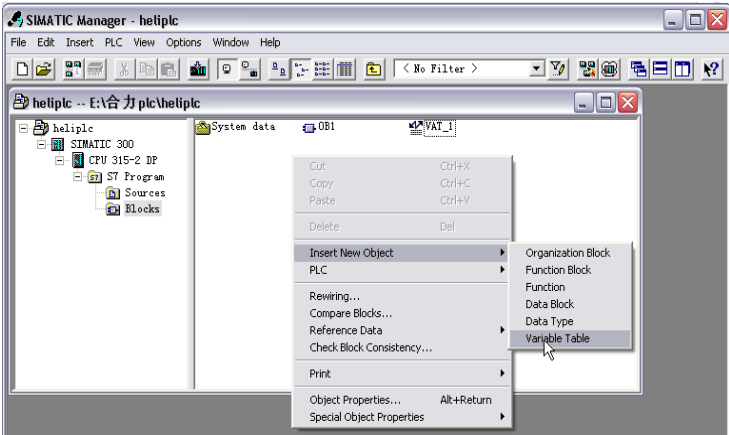


图 7-17 打开 STEP7 中的变量表

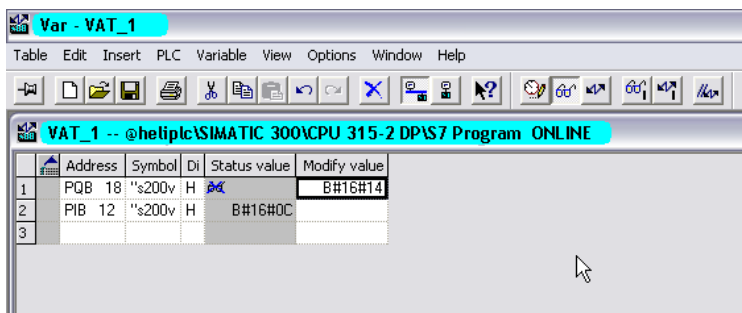


图 7-18 数据交换结果 1



图 7-19 数据交换结果 2

VB0~VB31 是 S7-300 写到 S7-200 的数据,VB32~VB63 是 S7-300 从 S7-200 读取的值。EM277 上拨位开关的位置一定要和 S7-300 中组态的地址值一致。为了便于控制和监视,在 S7-200 中将 VB0~VB16 送到 MB10~MB26、QB0~QB6 送到 VB32~VB38,MB0~MB4 送到 MB60~MB64。部分程序如图 7-20 所示。

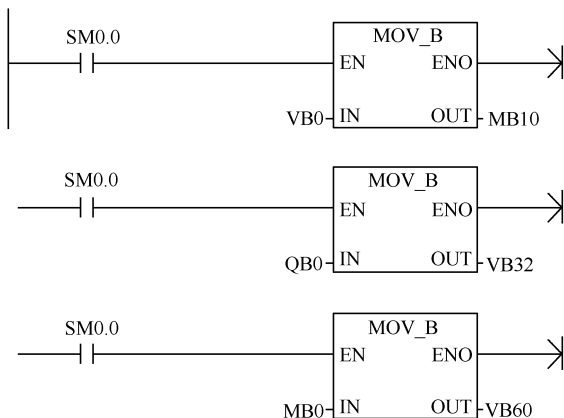


图 7-20 S7-200 通信程序

对 S7-300 编程,将 IB8 送到 PQB28,MB460 送到 PQB29,如图 7-21 和图 7-22 所示。则 S7-300 的 IB8 对应 S7-200 的 MB20,S7-300 的 MB460 对应 S7-200 的 MB21;PIB12 送到 MB112,PIB132 送到 MB113,PIB14 送到 MB114,PIB15 送到 MB115,PIB272 送到 MB304,则 S7-200 的 QB0 对应 S7-300 的 MB112,则 S7-200 的 QB1 对应 S7-300 的 MB113,则 S7-200 的 QB2 对应 S7-300 的 MB114,则 S7-200 的 QB3 对应 S7-300 的 MB115。

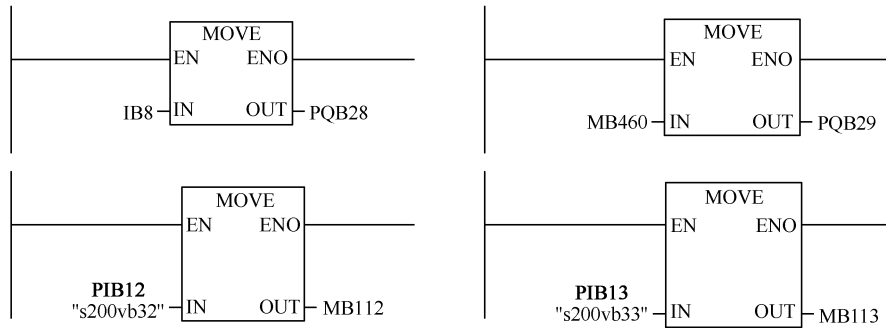


图 7-21 S7-300 通信程序 1

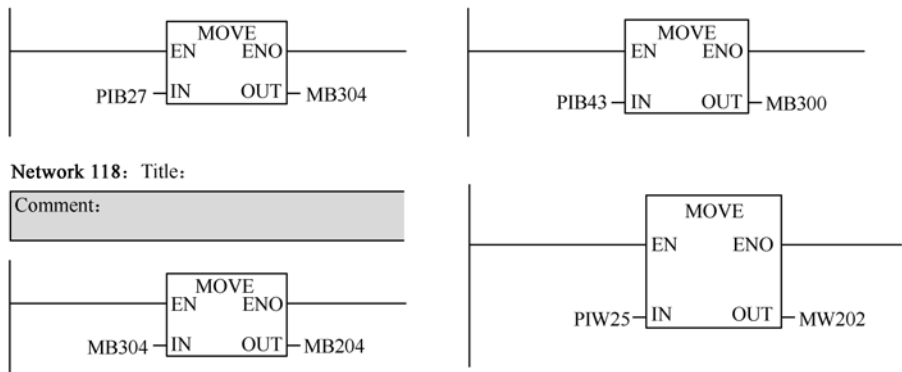


图 7-22 S7-300 通信程序 2

(7) S7-300 和 S7-200 变量关系表

详细 S7-300 和 S7-200 变量关系见表 7-2、表 7-3、表 7-4 和表 7-5。

表 7-2 S7-300 和 S7-200 变量关系 1

S7-300 变量（输出）	S7-300 变量	S7-200 变量（输入）	S7-200 变量（输入）
PQB18		VB0	MB10
PQB19		VB1	MB11
PQB20		VB2	MB12
PQB21		VB3	MB13
PQB22		VB4	MB14
PQB23		VB5	MB15
PQB24		VB6	MB16
PQB25		VB7	MB17
PQB26		VB8	MB18
PQB27		VB9	MB19
PQB28	IB8	VB10	MB20
PQB29	MB460	VB11	MB21



续表

S7-300 变量（输出）	S7-300 变量	S7-200 变量（输入）	S7-200 变量（输入）
PQB30		VB12	MB22
PQB31		VB13	MB23
PQB32		VB14	MB24
PQB33		VB15	MB25
PQB34		VB16	MB26

表 7-3 S7-300 和 S7-200 变量关系 2

S7-300 变量（输入）	S7-300 变量	S7-200 变量（输出）	S7-200 变量（输出）
PIB12	M112	QB0	VB32
PIB13	M113	QB1	VB33
PIB14	M114	QB2	VB34
PIB15	M115	QB3	VB35
PIB16		QB4	VB36
PIB17		QB5	VB37
PIB18		QB6	VB38

表 7-4 S7-300 和 S7-200 变量关系 3

S7-300 变量（输入）		S7-200 变量（输出）	S7-200 变量（输出）
PIB20		IB0	VB40
PIB21		IB1	VB41
PIB22		IB2	VB42
PIB23		IB3	VB43
PIB24		IB4	VB44
PIB25	MB202	IB5	VB45
PIB26	MB203	IB6	VB46
PIB27	MB304,MB204	IB7	VB47
PIB28		IB8	VB48
PIB29		IB9	VB49

表 7-5 S7-300 和 S7-200 变量关系 4

S7-300 变量（输入）		S7-200 变量（输出）	S7-200 变量（输出）
PIB40		MB0	VB60
PIB41		MB1	VB61



续表

S7-300 变量（输入）		S7-200 变量（输出）	S7-200 变量（输出）
PIB42		MB2	VB62
PIB43	MB300	MB3	VB63
PIB44		MB4	VB64

通过 PROFIBUS DP 总线，在主站 S7-300 上操作 PQB 变量，就相当于操作 S7-200 上的 MB 变量，再通过 S7-200 上的 MB 变量，控制 S7-200 的输出。S7-200 的 QB，MB，IB，DB 先送到 S7-200 的 VB，再通过 PROFIBUS DP 总线送给 S7-300 的 PIB 变量。

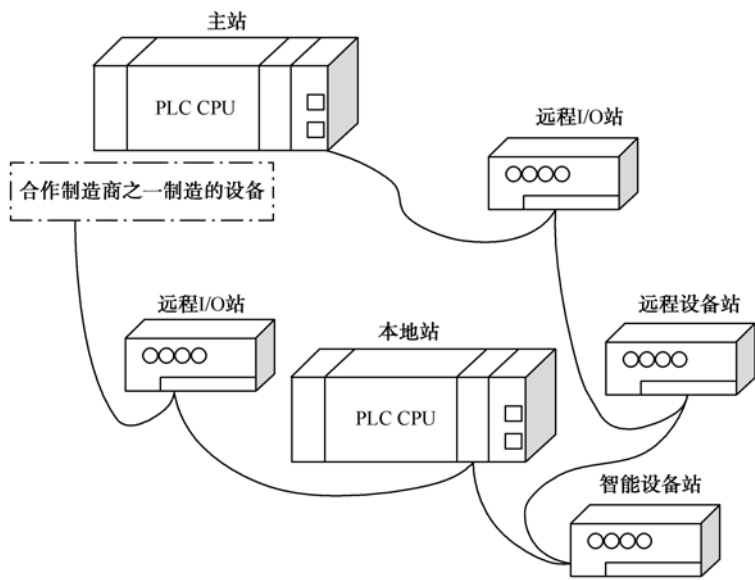
第 8 章 三菱 CC-Link 网络

8.1 CC-Link 简介

1. CC-Link 现场总线简介

CC-Link 现场总线是日本三菱电动机公司主推的一种基于 PLC 系统的现场总线，融合了控制与信息处理的 CC-Link 是一种省配线、信息化的网络，它不但具有高实时性、分散控制、与智能设备通信、RAS 等功能，而且依靠与诸多现场设备制造厂商的紧密联系，能够提供开放式的环境。Q 系列 PLC 的 CC-Link 模块 QJ61BT11，在延续 A/QnA 系列特长的同时，还提供了远程设备站初始设定等方便的功能。因此，CC-Link 现场总线在生产应用中的应用十分广泛。

CC-Link 用专用电缆连接像 I/O 模块、智能功能模块和特殊功能模块这样的分布式模块，连接后，这些模块就可以由 PLC CPU 控制，CC-Link 的模块连接，如图 8-1 所示。



主站——控制数据链接系统的站；远程 I/O 站——仅处理以位为单位的数据的远程站；
远程设备站——仅处理以位为单位和以字为单位的数据的远程站；本地站——有一个 PLC CPU 并且有能力和主站以及其他本地站通信的站；智能设备站——可以执行瞬时传送的站。

图 8-1 CC-Link 的模块连接

- 1) 通过将各个模块分布安装到像传送线和机器设备这样的机器上，可以提高整个系统的接线效率。
- 2) 可以非常容易地高速发送和接收由模块处理的输入/输出数据。



- 3) 可以通过连接多个 PLC，配置一个简单的分布式系统。
- 4) 通过连接由三菱合作制造商制造的各种设备，系统可以提供灵活的解决方案，满足用户的各种不同需求。

2. CC-Link 的特点

(1) 远程 I/O 站通信

开关或指示灯的 ON/OFF 状态使用远程输入 RX 和远程输出 RY 进行通信，如图 8-2 所示。

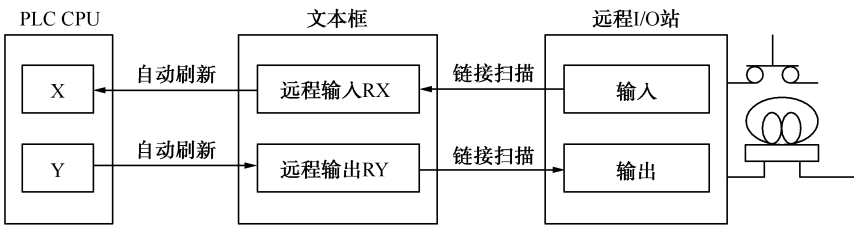


图 8-2 远程 I/O 站通信

(2) 远程设备站通信

和远程设备站进行交换的信号（初始请求、发生出错标志等）使用远程输入 RX 和远程输出 RY 进行通信。到远程设备站的设定数据用远程寄存器 RWw 和 RWr 进行通信，如图 8-3 所示。

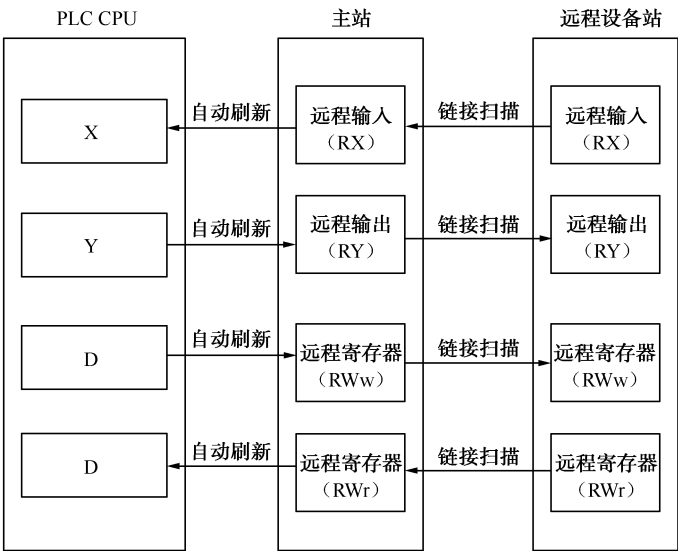


图 8-3 远程设备站通信

(3) 本地站通信

主站和本地站之间的通信使用两种传送方法：循环传送和瞬时传送。



1) 循环传送

PLC CPU 之间的数据通信可以使用位数据(远程输入 RX 和远程输出 RY)和字数据(远程寄存器 RWw 和 RWr)以 N:N 的模式进行,如图 8-4 所示。

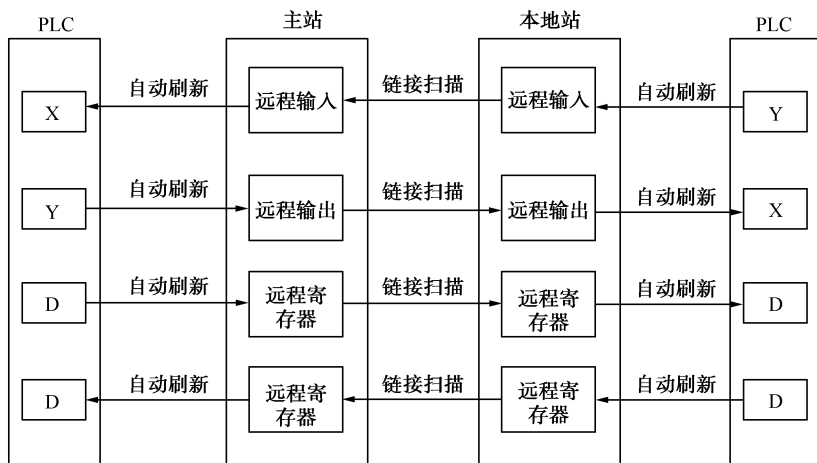


图 8-4 本地站通信的循环传送

2) 瞬时传送

对本地站缓冲存储器和 CPU 软元件的读 (RIRD) 或写 (RIWT) 可以以任何时序进行,如图 8-5 所示。

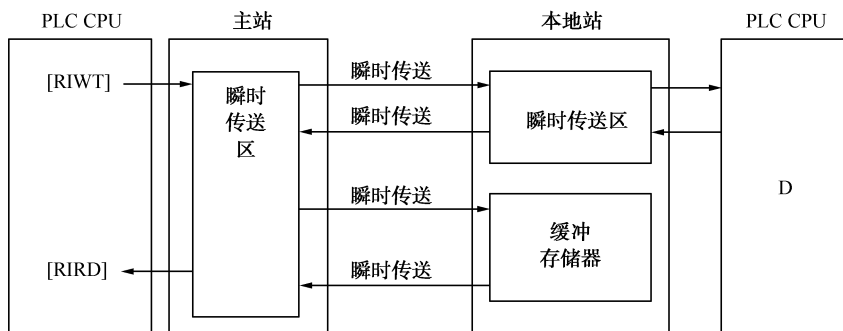


图 8-5 本地站通信的瞬时传送

(4) 智能设备站通信

主站和智能设备站之间的通信使用两种传送方法: 循环传送和瞬时传送。

1) 循环传送

和智能设备站进行交换的信号(定位开始、定位结束等)用远程输入 RX 和远程输出 RY 进行通信。数字数据(定位开始数、当前进给值等)用远程寄存器 RWw 和 RWr 进行通信,如图 8-6 所示。

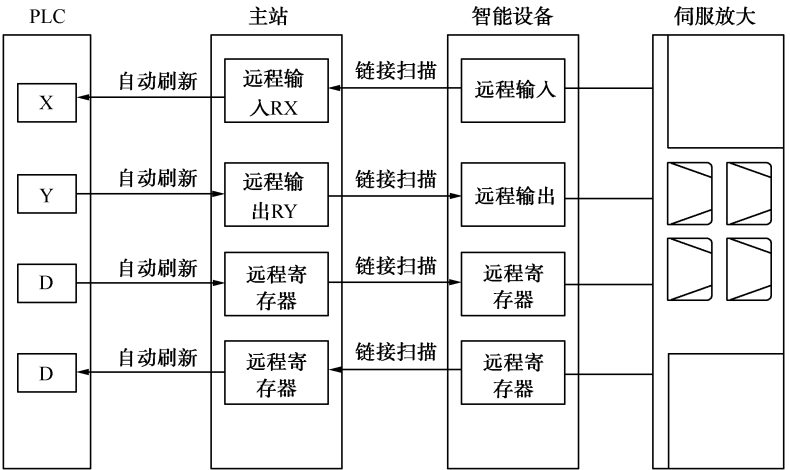


图 8-6 智能设备站通信的循环传送

2) 瞬时传送

对智能设备站缓冲存储器的读（RIRD）或写（RIWT）可以以任何时序进行，如图 8-7 所示。

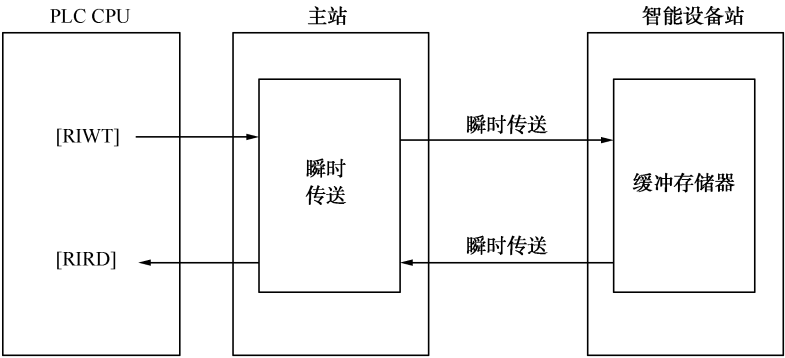


图 8-7 智能设备站通信的瞬时传送

8.2 CC-Link 的系统设备

1. 系统配置

可以将总共 64 个远程 I/O 站、远程设备站、本地站、备用主站或智能设备站连接到一个单独的主站。

但是，必须满足下列条件：

- 1) $\{(1\ a) + (2\ b) + (3\ c) + (4\ d)\} \leq 64$
 - a: 占用 1 个站的模块数
 - b: 占用 2 个站的模块数
 - c: 占用 3 个站的模块数
 - d: 占用 4 个站的模块数



2) $\{(16 A) + (54 B) + (88 C)\} \leq 2304$

A: 远程 I/O 站的数量 ≤ 64

B: 远程设备站的数量 ≤ 42

C: 本地站、备用主站和智能设备站的数量 ≤ 26

2. CC-Link 的设备

常用 CC-Link 的设备见表 8-1。

表 8-1 CC-Link 的设备

产品名称	型号名称	说明	占用的站数	站类型
主/本地模块	QJ61BT11	Q 系列的主/本地模块	对于本地站，1 或者 4 个站	主站或本地站
	AJ61QBT11	QnA 系列的主/本地模块		
远程 I/O 模块	AJ65BTB1-16D	单线直流输入 16 点模块（漏/源共享）24V 直流，7mA，16 点/公共	一个站	远程 I/O 站
	AJ65BTB2-16D	双线直流输入 16 点模块（漏/源共享） 24V 直流，7mA，16 点/公共		
	AJ65BTC1-32D	单线直流输入 32 点模块（漏/源共享） 24V 直流，7mA，32 点/公共		
	AJ65BTB1-16T	单线晶体管输出 16 点模块（漏） 12/24V 直流，0.5A/点，4A/公共，8 点/公共		
	AJ54BTB2-16T	双线晶体管输出 16 点模块（漏） 12/24V 直流，0.5A/点，4A/公共，8 点/公共		
	AJ65BTC1-32T	单线晶体管输出 32 点模块（漏） 12/24V 直流，0.1A/点，2A/公共，32 点/公共		
	AJ65BTB2-16R	双线触点输出 16 点模块 24V 直流/240V 交流，2A/点，8A/公共，8 点/公共		
	AJ65BTB1-16DT	I/O 模块 输入：单线直流输入 8 点（漏） 24V 直流，7mA，8 点/公共 输出：单线晶体管输出 8 点（漏） 12/24V 直流，0.5A/点，4A/公共，8 点/公共		



续表

产品名称	型号名称	说明	占用的站数	站类型
远程 I/O 模块	AJ65BTB2-16DT	I/O 模块 输入：双线直流输入 8 点（漏 24V 直流，7mA，8 点/公共 输出：双线晶体管输出 8 点 （漏） 12/24V 直流，0.5A/点，4A/ 公共，8 点/公共	一个站	远程 I/O 站
	AJ65BTB2-16DR	I/O 模块 输入：双线直流输入 8 点（漏 /源共享） 24V 直流，7mA，8 点/公共 输出：双线触点输出 8 点 24V 直流/240V 交流，2A/点， 8A/公共，8 点/公共		
	A8GT-J61BT15	用于 GOT 的 CC-Link I/F 模 块（用于远程设备站）		
用于 CC-Link 链 接的通信模块	A80BD-J61BT13	用于 DOS/V PC 的 CC-Link 接口板（用于 PCI 路线插槽）	1 个或 4 个站	本地站
RS-232C 接口模 块	AJ65BT-R2	计算机链接功能 RS-232C，单通道	1 个站	智能设备站
用于 CC-Link 连 接的通信模块	A8GT-J61BT13	用于 GOT 的 CC-Link I/F 模 块（用于智能设备站）	1 个或 4 个站	

3. QJ61BT11 的功能

QJ61BT11 是控制和通信链接系统主/本地模块的缩写，QJ61BT11 的功能主要有：基本功能、改善系统可靠性的功能、方便功能和瞬时传送功能。这四种功能分别见表 8-2、表 8-3、表 8-4 和表 8-5。

表 8-2 基本功能

项 目	说 明
和远程 I/O 站通信	和远程 I/O 站进行开/关数据通信
和远程设备站通信	和远程设备站进行开/关数据和数字数据通信
和本地站通信	和本地站进行开/关数据和数字数据通信
和智能设备站通信	和智能设备站通信，循环传送和瞬时传送



表 8-3 改善系统可靠性的功能

项 目	说 明
从站切断功能	断开因断电而不能继续数据链接的模块，只在正常模块之间继续进行数据链接
自动恢复功能	当因断电而切断数据链接的模块恢复到正常状态时，该模块自动参加数据链接
主站 PLC CPU 出错时数据链接状态设定	如果主站 PLC CPU 发生了能够继续运行的错误，设定数据链接状态
设定来自数据链接出错站的输入数据状态	设定因断电而发生数据链接错误的站的输入（接收）数据的状态（清除/保持）
备用主站功能	如果主站出现问题，则切换到备用主站继续数据链接

表 8-4 方便功能

项 目	说 明	
远程设备站初始化过程注册功能	用 GPPW 执行远程设备站的初始设定	
自动 CC-Link 启动	接通电源就自动开始 CC-Link	
远程网络模式	和所有站（远程站、本地站、智能设备站和备用主站）进行通信	
远程 I/O 网络模式	在只包含主站和远程 I/O 站的系统中缩短链接扫描时间	
保留站功能	把将在以后接入的模块指定为保留站，防止把它们当做数据链接出错的站处理。如果指定了已链接的模块中的任意个，它就不能执行数据链接。	
出错无效站设置功能	通过设置网络参数，防止把系统配置中可能会断电的模块当做数据链接出错站处理	
扫描同步功能	同步模式	通过与顺序扫描的同步执行链接扫描
	异步模式	执行与顺序扫描不同步的链接扫描
暂时出错无效站设置功能	防止在线运行时把由 GPPW 指定的模块暂时当做数据链接出错的站处理	
数据链接停止/重新启动	停止或重新启动正在执行的数据链接	
站号重叠检查功能	检查占用的站号是否重叠或者系统中是否把多于一个的模块的站号设定为 0	

表 8-5 瞬时传送功能

项 目	说 明
瞬时传送功能	指定对方并在任意时刻通信

8.3 CC-Link 数据通信参数设置

本节阐述与 CC-Link 进行数据通信所需的参数设置。从参数设置到开始数据链接的步骤如下所述。



1. CPU 参数区和主站模块参数存储器

CPU 参数区和主站参数存储器之间的关系，如图 8-8 所示：

(1) CPU 参数区

本区用于设置控制 PLC 系统的基本值和控制 CC-Link 系统的网络参数。

(2) 主站参数存储器

本区用于存储 CC-Link 系统的网络参数。如果模块断电或者 PLC CPU 复位，就擦除网络参数。

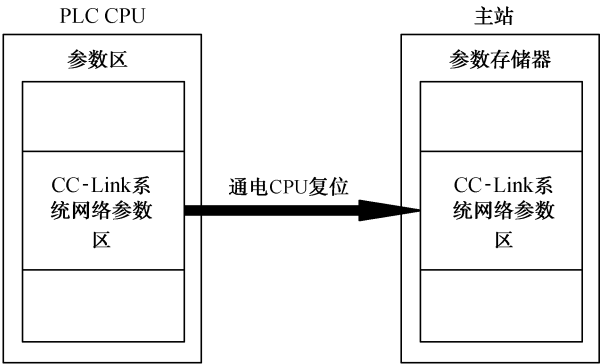


图 8-8 CPU 参数区和主站参数存储器之间的关系

2. 从参数设置到数据链接启动的步骤

从参数设置到数据链接启动的步骤，如图 8-9 所示。

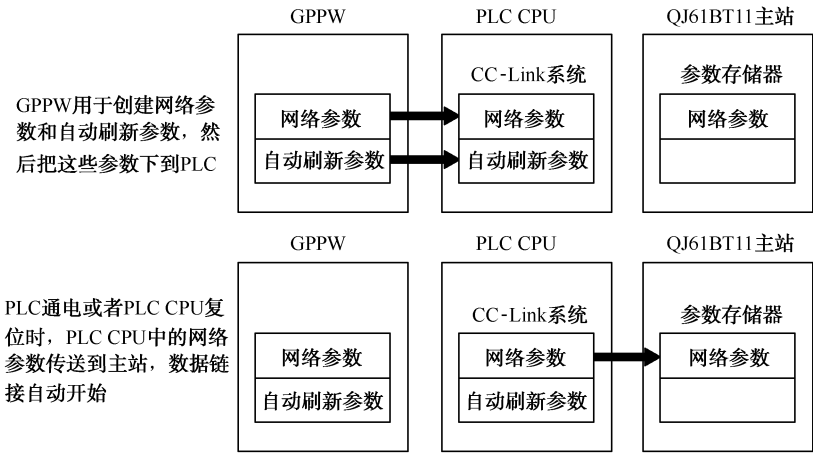


图 8-9 从参数设置到数据链接启动的步骤

3. 启动数据链接之前的步骤

模块安装到 CC-Link 数据链接启动的步骤如图 8-10 所示：

4. 检查连接状态

用 CC-Link 专用电缆连接好所有模块以后，要验证它们都被正确连接并且数据链接在远程站、本地站、智能设备站上都能正确执行。

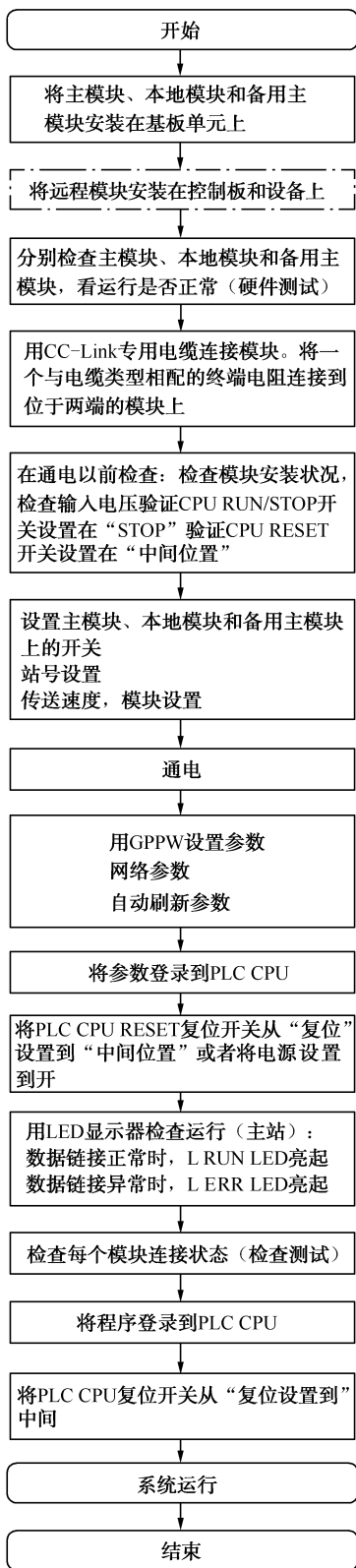


图 8-10 模块安装到 CC-Link 数据链接启动步骤



线路测试 1 检查连接的所有模块的通信状态。

线路测试 2 检查指定模块的通信状态。

线路测试 1 和线路测试 2 都不需要参数设置。

注意：

如果线路测试 1 发现出错，才进行线路测试 2。如果线路测试 1 的结果正常，就不用进行线路测试 2。

(1) 检查连接状态，以及和远程站/本地站/智能设备站/备用主站的通信状态（线路测试 1），如发现出错，进行线路测试 2。

(2) 检查与指定的远程站/本地站/智能设备站/备用主站的通信状态（线路测试 2）。线路测试 2 检查数据链接能否与指定的远程站/本地站/智能设备站或备用主站正常进行。

线路测试 1 步骤如图 8-11 所示，线路测试 2 步骤如图 8-12 所示。

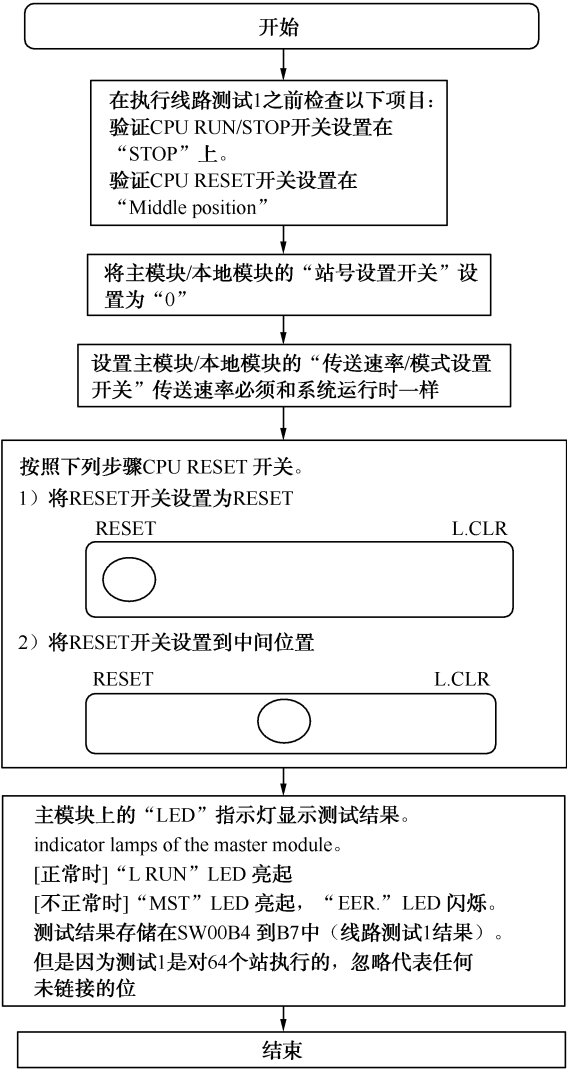


图 8-11 线路测试 1 步骤

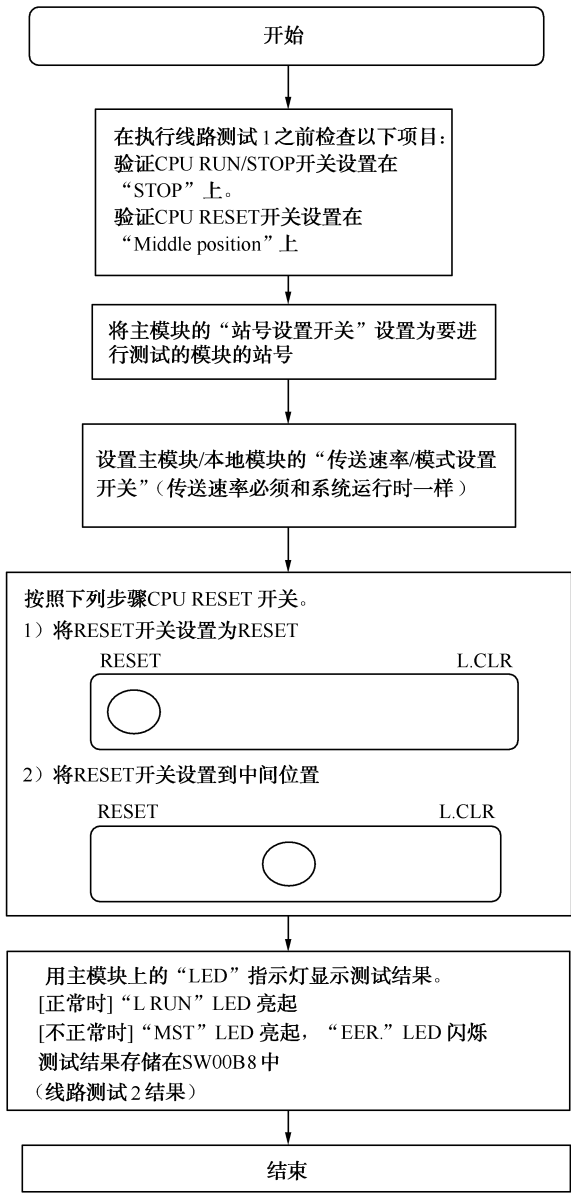


图 8-12 线路测试 2 步骤

8.4 缓冲存储器和链接特殊继电器/寄存器

1. 缓冲存储器 (BFM)

缓冲存储器是用来在主站模块和 PLC 之间进行数据交换的, 在 PLC 中使用 FROM/TO 的指令来进行读/写。当电源断开时, 缓冲存储器的内容会恢复到默认值。缓冲存储器一览表见表 8-6。



表 8-6 缓冲存储器一览表

BFM 编号		内 容	描 述	读/写的可能性
Hex.	Dec.			
#0H～#9H	#0～#9	参数信息区域	存储信息（参数） 进行数据链接	可以 读/写
#AH～#BH	#10～#11	I/O 信号	控制主站模块的 I/O 信号	可以 读/写
#CH～#1BH	#12～#27	参数信息区域	存储信息（参数） 进行数据链接	可以 读/写
#1CH～#1EH	#28～#30	主站模块控制信号	控制主站模块的信号	可以 读/写
#1FH	#31	（禁止使用）*	—	不可写
#20H～#2FH	#32～#47	参数信息区域	存储信息（参数） 进行数据链接	可以 读/写
#30H～#DFH	#48～#223	（禁止使用）*	—	不可写
#E0H～#FDH	#224～#253	远程输入（RX）	存储来自一个远程站的 输入状态	只读
#100H～#15FH	#256～#351	（禁止使用）*	—	不可写
#160H～#17DH	#352～#381	参数信息区域	将输出状态存储到一个 远程站中	只写
#180H～#1DFH	#384～#479	（禁止使用）*	—	不可写
#1E0H～#21BH	#480～#538	（禁止使用）*	将传送的数据存储到一个 远程站中	只写
#21FH～#2DFH	#543～#735	（禁止使用）*	—	不可写
#2E0H～#31BH	#736～#795	远程寄存器（RW _r ）（主站： 用于接收）	存储从一个远程站接收到的数据	只读
#320H～#5DFH	#800～#1503	（禁止使用）*	—	不可写
#5E0H～#5FFH	#1504～#1535	链接特殊继电器（SB）	存储数据链接状态	可以读/写（根据设备 决定是否不能写）
#600H～#7FFH	#1536～#2047	链接特殊寄存器（SW）	存储数据链接状态	
#800H～	#2048～	（禁止使用）*	—	不可写

2. 链接特殊继电器/寄存器（SB/SW）

数据链接状态可以通过位信息（链接特殊继电器 SB）和字信息（链接特殊寄存器 SW）来检测。

“SB”和“SW”表示在主模块中的缓冲存储器信息，可以通过 FROM/TO 指令进行读取和写入。

链接特殊继电器 SB：缓冲存储器地址 5E0H～5FFH；

链接特殊寄存器 SW：缓冲存储器地址 600H～7FFH。

链接特殊继电器 SB 见表 8-7。链接特殊寄存器 SW 见表 8-8。



表 8-7 链接特殊继电器 SB

序 号	缓冲存储器		名 称	描 述
	序 号	位		
SB0000	5E0H	0	数据链接重启	重新启动由 SB0002 停止的数据链接 OFF: 未给定重启规格 ON: 给定重启规格
SB0002	5E0H	2	数据链接停止	停止主站的数据链接（使用 SB0000 重新启动数据链接）。 如果主站设置该继电器为 ON，整个系统就停止 OFF: 未给定停止规格 ON: 给定停止规格
SB0004	5E0H	4	请求临时错误无效站	决定由 SB0003~SB0004 指定的站为临时错误无效站 OFF: 未给定请求 ON: 给定请求
SB0005	5E0H	5	请求取消临时错误无效站	取消由 SB0003~SB0004 指定的站为临时错误无效站 OFF: 未给定请求 ON: 给定请求
SB0008	5E0H	8	请求线测试	对 SB0008 指定的站执行线测试 OFF: 未给定请求 ON: 给定请求
SB0009	5E0H	9	请求参数确认测试	读取实际系统配置的参数信息，将其设置到参数信息区 OFF: 未给定请求 ON: 给定请求
SB0020	5E2H	0	模块状态	表示缓冲存取状态 OFF: 未给定请求 ON: 给定请求
SB0040	5E4H	0	数据链接重启接受状态	表明指定数据链接重启的接受状态 OFF: 未接受 ON: 接受
SB0041	5E4H	1	数据链接重启完成状态	表明指定数据链接重启的接受完成状态 OFF: 未完成 ON: 完成
SB0044	5E4H	4	数据链接停止接受状态	表明指定数据链接停止的接受状态 OFF: 未接受 ON: 接受
SB0045	5E4H	5	数据链接停止完成状态	表明指定数据链接停止的接受完成状态 OFF: 未完成 ON: 完成
SB0048	5E4H	8	临时错误无效站接受状态	表明临时错误无效站请求接受状态 OFF: 未接受 ON: 接受



续表

序 号	缓冲存储器		名 称	描 述
	序 号	位		
SB0049	5E4H	9	临时错误无效站 完成状态	表明临时错误无效站请求接受完成状态 OFF: 未完成 ON: 完成（临时错误无效站已被决定）
SB004A	5E4H	10	临时错误无效站 取消接受状态	表明临时错误无效站取消请求接受状态 OFF: 未接受 ON: 接受
SB004B	5E4H	11	临时错误无效站 取消完成状态	表明临时错误无效站取消请求接受完成状态 OFF: 未完成 ON: 完成（取消临时错误无效站已完成）
SB004C	5E4H	12	线测试接受状态	表明线测试请求接受状态 OFF: 未接受 ON: 接受
SB004D	5E4H	13	线测试完成状态	表明线测试请求接受完成状态 OFF: 未完成 ON: 完成
SB004E	5E4H	14	参数确认测试接 受状态	表明参数确认测试接受状态 OFF: 未接受 ON: 接受
SB004F	5E4H	15	参数确认测试完 成状态	表明参数确认测试接受完成状态 OFF: 未完成 ON: 完成
SB0050	5E5H	0	离线测试执行状态	表明离线测试执行状态 OFF: 未执行 ON: 正在执行
SB0060	5E6H	0	模块模式	表明模块中模式设定开关的设置状态 OFF: 在线（0） ON: 除了在线（0）
SB0061	5E6H	1	站类型	表明模块的站号设定开关设置状态 OFF: 主站（0号） ON: 设置出错（站号未设置为0）
SB0065	5E6H	5	数据链接错误站 输入状态	表明模块的条件设定开关（DIP 开关 SW4）设置状态 OFF: 清除 ON: 保留
SB006A	5E6H	10	开关设定状态	表明开关设定状态 OFF: 正常 ON: 设置出错（错误代码存储在 SW006A）
SB006D	5E6H	13	参数设定状态	表明参数设定状态 OFF: 正常 ON: 设置出错（错误代码存储在 SW0068）



续表

序 号	缓冲存储器		名 称	描 述
	序 号	位		
SB006E	5E6H	14	主站运行状态	表明主站数据链接的运行状态 OFF: 进行中 ON: 未执行
SB0073	5E7H	3	CPU 停止时指定运行状态	表明通过参数停止 CPU 时指定运行的状态 OFF: 停止 ON: 继续
SB0074	5E7H	4	预留站指定状态	表明通过参数设置的预留站状态 OFF: 未指定 ON: 已指定
SB0075	5E7H	5	错误无效站状态	由参数 (SW0078) 表明错误无效站状态 OFF: 未指定 ON: 指定
SB0076	5E7H	6	临时错误无效站状态	表明临时错误无效站状态 (SW007C) OFF: 未指定 ON: 指定
SB0078	5E7H	8	主站开关更改状态	检测主站数据链接中设定开关的更改 OFF: 未更改 ON: 更改
SB0080	5E8H	0	其他站数据链接状态	表明远程站数据链接状态 (SW0080) OFF: 所有站正常 ON: 某些站有错误
SB0081	5E8H	1	其他站看门狗定时器错误出现状态	表明其他站看门狗定时器出错 (SW0084) OFF: 未出错 ON: 出错
SB0082	5E8H	2	其他站保险丝熔断状态	表明其他站保险丝熔断状态 (SW0088) OFF: 未出错 ON: 出错
SB0083	5E8H	3	其他站检测开关更改状态	侦听其他站数据链接中设定开关的更改 (SW008C) OFF: 未更改 ON: 更改

表 8-8 链接特殊寄存器 SW

序 号	缓冲存储器	名 称	描 述
SW0003	603H	多个临时错误无效站规格	选择是否要指定两个或者更多临时错误无效站 00: 指定两个或者更多站存储在 SW0004 01 到 15: 指定单个站, 其站号为 1~15 该号码表示临时错误无效站号
SW0004	604H	临时错误无效站规格	指定临时错误无效站 0: 不指定为临时错误无效站 1: 指定为临时错误无效站



续表

序 号	缓冲存储器	名 称	描 述
SW0008	608H	线测试站设定	设置站为线测试对象 0: 整个系统（线测试将对所有站执行） 01~15: 指定为线测试对象的站 默认: 0
SW0020	620H	模块状态	表明模块状态 0: 正常 除 0 以外: 错误代码
SW0041	641H	数据链接重启结果	存储实行数据链接重启结果到 SB0000 0: 正常 除 0 以外: 错误代码
SW0045	645H	数据链接停止结果	存储实行数据链接停止结果到 SB0002 0: 正常 除 0 以外: 错误代码
SW0049	649H	请求临时错误无效站结果	存储实行请求临时错误无效站结果到 SB0004 0: 正常 除 0 以外: 错误代码
SW004B	64BH	请求取消临时错误无效站结果	存储实行请求取消临时错误无效站结果到 SB0005 0: 正常 除 0 以外: 错误代码
SW004D	64DH	请求线测试结果	存储实行请求线测试结果到 SB0008 0: 正常 除 0 以外: 错误代码
SW004F	64FH	请求参数确认测试结果	表明通过 SB0009 发出参数确认测试请求的执行结果 0: 正常 除 0 外: 错误代码
SW0060	660H	模式设定开关状态	存储模式设定开关的设定状态 0: 在线 2: 离线 3: 线测试 1 4: 线测试 2 5: 参数确认测试 6: 硬件测试 1, 7 到 F: 设定错误
SW0061	661H	站号设定开关状态	存储站序号设定开关的设定状态 0: 主站（确认设置开关为 0） 除 0 外: 设定错误
SW0062	662H	条件设定开关状态	存储条件设定开关（DIP 开关）的设定状态 0: OFF 1: ON
SW0064	664H	重试次数设定状态	存储响应出错时重试次数的设定状态。1 到 7（次）
SW0065	665H	自动返回站设定数目状态	存储一次链接扫描中自动返回站数目的设定状态 1~10（个模块）



续表

序 号	缓冲存储器	名 称	描 述
SW0067	667H	参数信息	存储参数信息以供使用 1: 缓冲存储器（数据链接启动通过 BFM#AH b6） 2: EEPROM（数据链接启动通过 BFM#AH b8）
SW0068	668H	主站参数状态	存储参数设定状态 0: 正常 除 0 外: 错误代码
SW0069	669H	载入状态*2	通过每个模块里的参数存储重叠和连贯的站号 0: 正常 除 0 外: 错误代码
SW006A	66AH	开关设定状态	存储开关设定状态 0: 正常 除 0 外: 错误代码
SW006D	66DH	最大链接扫描时间	存储链接扫描时间的最大值（单位：1ms）
SW006E	66EH	当前链接扫描时间	存储当前链接扫描时间（单位：1ms）
SW006F	66FH	最小链接扫描时间	存储最小链接扫描时间（单位：1ms）
SW0070	670H	总站数目	在参数中存储最后一个站号 1～15（站）
SW0071	671H	最大通信站数目	存储数据链接中最大站数目（通过站号设定开关设定站号） 1～15（站）
SW0072	672H	连接模块数	存储数据链接中模块数目（除了预留站）1～15（模块）
SW0074	674H	预留站指定状态*1	存储预留站指定状态 0: 未指定未预留站 1: 指定为预留站
SW0078	678H	错误无效站指定状态*1	存储错误无效站指定状态 0: 未指定错误无效站 1: 指定为错误无效站
SW007C	67CH	临时错误无效站指定状态*1	存储临时错误无效站指定状态 0: 未指定临时错误无效站 1: 指定为临时错误无效站
SW0080	680H	其他站数据链接状态*3	在每个模块中存储数据链接状态 0: 正常 1: 数据链接出错
SW0084	684H	其他站看门狗定时器错误出现状态*1	在每个模块中存储看门狗定时器错误出现状态 0: 正常 1: 数据链接出错
SW0088	688H	其他站保险丝熔断状态*3	在每个模块中存储保险丝熔断状态 0: 正常 1: 保险丝熔断
SW008C	68CH	其他站开关更改状态*1	在每个模块中存储开关更改状态 0: 正常 1: 数据链接出错



续表

序 号	缓冲存储器	名 称	描 述
SW0098	698H	站号重叠状态*4	存储重叠状态，其中每个模块的首站号没有重叠 0: 正常 1: 站号重叠（仅为首站号）
SW009C	69CH	载入/参数 连贯状态*4	通过参数存储连贯性 0: 正常 1: 连贯性出错
SW00B4	6B4H	线测试 1 结果*3	存储线测试 1 结果 0: 正常 1: 错误
SW00B8	6B8H	线测试 2 结果	存储线测试 2 结果 0: 正常 除 0 外: 错误代码
SW00B9	6B9H	EEPROM 写入状态	存储参数写入 EEPROM 状态 0: 正常 除 0 外: 错误代码

第 9 章 FX2N PLC 在废纸打包机控制 系统中的应用

9.1 全自动废纸打包机的结构

1. 全自动废纸打包机的结构组成

全自动液压废纸打包机的结构，如图 9-1 所示，由 8 个部分组成：送料机构、推料机构、压料机构、推丝机构、剪丝机构、绞丝机构、压模机构、辅助机构。

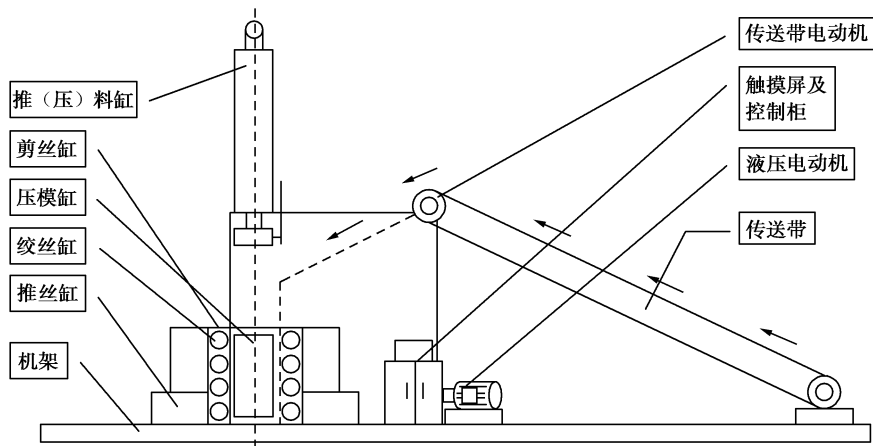


图 9-1 废纸打包机的结构

机架是本机的基础件，由型钢和钢板焊接而成，上梁的中部装有主油缸，活塞杆的端部连接压头，用它对装在模具内的废纸施加压力。机架的下梁上，对称装有两个起模油缸，它们的功能是将模具举起或放下。压缩室由模具和防尘罩组成，模具上面连接的是防尘罩，利用防尘罩的伸缩性，以便于模具的升起。在侧面和它连接的是进料装置，在一端有侧油缸，活塞杆的端部连接有柱塞。柱塞的前进或后退把废纸从储料室推进模具内。储料室的废纸由抽风机抽进。在模具侧面的机架上装有自动打包装置，由穿针和打结器组成。穿针安装在机架的管架上，制成半圆形，尖部有一穿绳孔。穿针的运动是通过四杆机构实现的，并由打捆机构离合器加以控制。

传送带底板做成带有凸起的横板，这样在运送废纸的过程中可以防止废纸下滑。由单独的送料电动机驱动装在轴承座上的滚轮，滚轮带动其上的送料带轴套，从而使送料带运动将废纸送至打包机构，等待压缩。



2. 全自动液压废纸打包机的工作过程

全自动液压废纸打包机的工作过程，如图 9-2 所示：

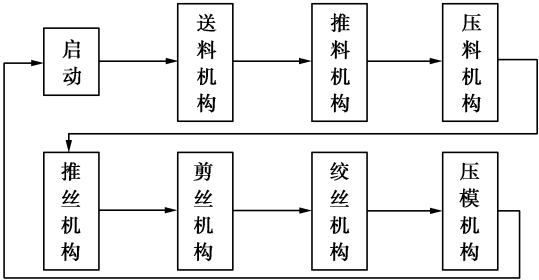


图 9-2 打包机的工作过程

- 1) 启动，传送带动作。
- 2) 高压泵电磁阀得电，推进装置推料进仓，来回动作，完成推料进模的动作。
- 3) 当压力继电器动作，开始打包。压料缸电磁阀得电，当压料缸前进到设定位置时，进入下一步。
- 4) 推丝电磁阀得电，推丝到拉，开始剪丝，进入下一步。
- 5) 绞丝电磁阀得电，绞丝数是设定好的，当绞丝结束时，推丝缸退。
- 6) 压模电磁阀得电，压模前进到位，模具开，包件出模，包件出来以后，压模缸后退。
- 7) 进入下一循环。

9.2 电气控制硬件电路设计

废纸打包机主电动机电路如图 9-3 所示，用 380V 交流电网供电，它提供设备需要的交流电源和直流电源。

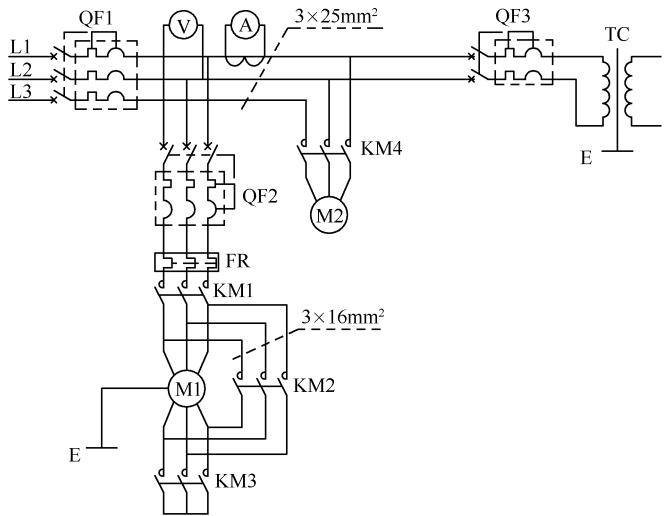


图 9-3 主电动机电路



主电动机 45kW，采用星三角电路启动，控制电路如图 9-4 和图 9-5 所示。元器件的型号规格见表 9-1。打包机动作顺序表见表 9-2 和表 9-3，PLC 输入/输出分配图，如图 9-6 所示。

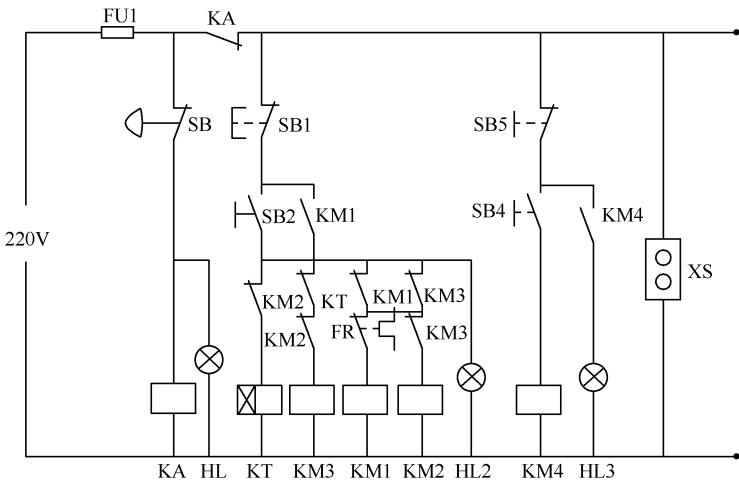


图 9-4 低压侧星三角启动电路

表 9-1 元器件的型号规格

序 号	代 号	名 称	型 号	数 量	规 格	备 注
1	KT	时间继电器	STPA-B	1	10S 可调	
2	QF1	断路器	CDB2-100/3P	1	380V/D 100A	
3	QF2	断路器	CDB2-63/3P	1	380V/D 5A	
4	FU1	熔断器	RT14-20	2 座	RT14-20	熔芯 2A
5	FR	热继电器	JRS2-400	1	I=80~125A	
6	M	交流电动机	Y280S-4-45KM	1		双出轴
7	KM1~KM3	交流接触器	CJX1-110/380V 线圈 AC 220V	3		
8	SB1	急停按钮	LA38-11M209	1		
9	SB2、SB5	油泵停止、输送带停止	LA38-11M209	2		
10	SB3、SB4	油泵启动、输送带停止	LA38-11/209	2		
11	TC	控制变压器	JBK-400	1	380/220	
12	TA	电流互感器	LM-0.5	1		
13	V	电压表	42L6/450V	1		
14	A	电流表	42L6/150A	1		1 白 1 绿
15		人机界面 (触摸屏)	A970GOT-TBA-CHR	1		
16	HL	指示灯	AD11-22/21-5GZ	1		红色
17	KA1~KA12	中间继电器	CJX1-9/220	12		
18	XS	模数化插座	AC 30-6A/2	1		



续表

序 号	代 号	名 称	型 号	数 量	规 格	备 注
19	PLC	可编程控制器	FX1N-60MR-001			
20	HL2、HL3	指示灯	AD11-22/21-5GZ	2		1 白 1 绿
21	P	压力继电器	MAP320H	1		
22	YV1~YV12	阀用电磁铁	MFB6-90YC	12		
23	KM4	交流接触器	CJX1-22/220	1		

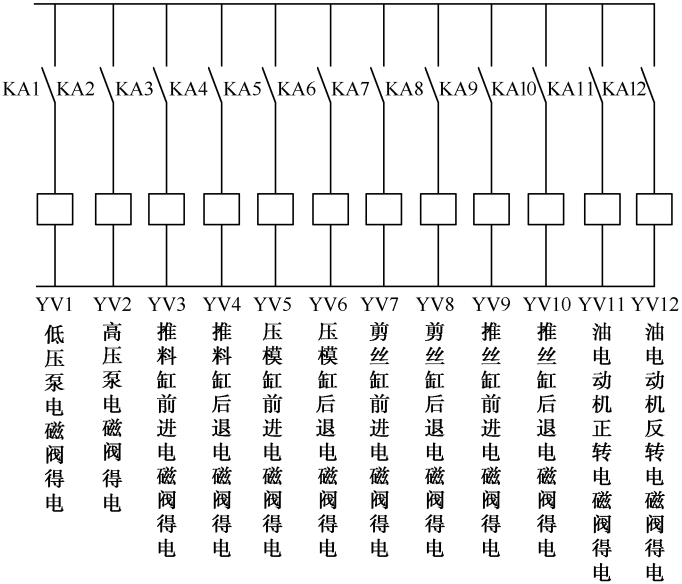


图 9-5 电磁阀控制电路

表 9-2 全自动液压废纸打包机动作顺序表 1

动作名称	YA1	YA2	YA3	YA4	YA5	YA6	YA7	YA8	YA9	YA10	YA11	YA12	SQ1	SQ2	SQ3	SQ4	SQ5	SQ6	SQ7	SQ8	SQ9	N	P
推料缸进		+	+											≠		+		+		+			≠
推料缸退		+		+									≠			+		+		+			
压料缸进		+	+													≠	+		+		+		
推丝缸进	+								+							+		≠	+		+		
剪缸剪丝	+						+									+		+		≠	+		



续表

动作名称	YA1	YA2	YA3	YA4	YA5	YA6	YA7	YA8	YA9	YA10	YA11	YA12	SQ1	SQ2	SQ3	SQ4	SQ5	SQ6	SQ7	SQ8	SQ9	N	P
剪丝缸松	+							+							+		+	+		+			
绞丝正转	+										+				+		+	+		+		≠	
绞丝反转	+											+			+		+	+		+		≠	
推丝缸退	+														+	≠		+		+			
压料缸退		+		+						+			≠			+		+		+			
压模缸进	+				+								+			+		+			≠		
压模缸退	+					+							+			+		+		≠			
待机													+			+		+		+			

表 9-3 全自动液压废纸打包机动作顺序表 2

符 号	作 用	符 号	作 用
YA1	低压泵加载电磁阀得电	SQ1	推料缸后退到位
YA2	高压泵加载电磁阀得电	SQ2	推料缸前进到位
YA3	推（压）料缸前进电磁阀得电	SQ3	压料缸前进到位
YA4	推（压）料缸回程电磁阀得电	SQ4	推丝缸后退到位
YA5	压模缸前进电磁阀得电	SQ5	推丝缸前进到位
YA6	压模缸回程电磁阀得电	SQ6	剪丝缸后退到位
YA7	剪丝缸前进电磁阀得电	SQ7	剪丝缸前进到位
YA8	剪丝缸回程电磁阀得电	SQ8	压模缸后退到位
YA9	推丝缸前进电磁阀得电	SQ9	压模缸前进到位
YA10	推丝缸回程电磁阀得电	N	绞丝计数器
YA11	油电动机正转电磁阀得电	P	压力继电器发信息
YA12	油电动机反转电磁阀得电		

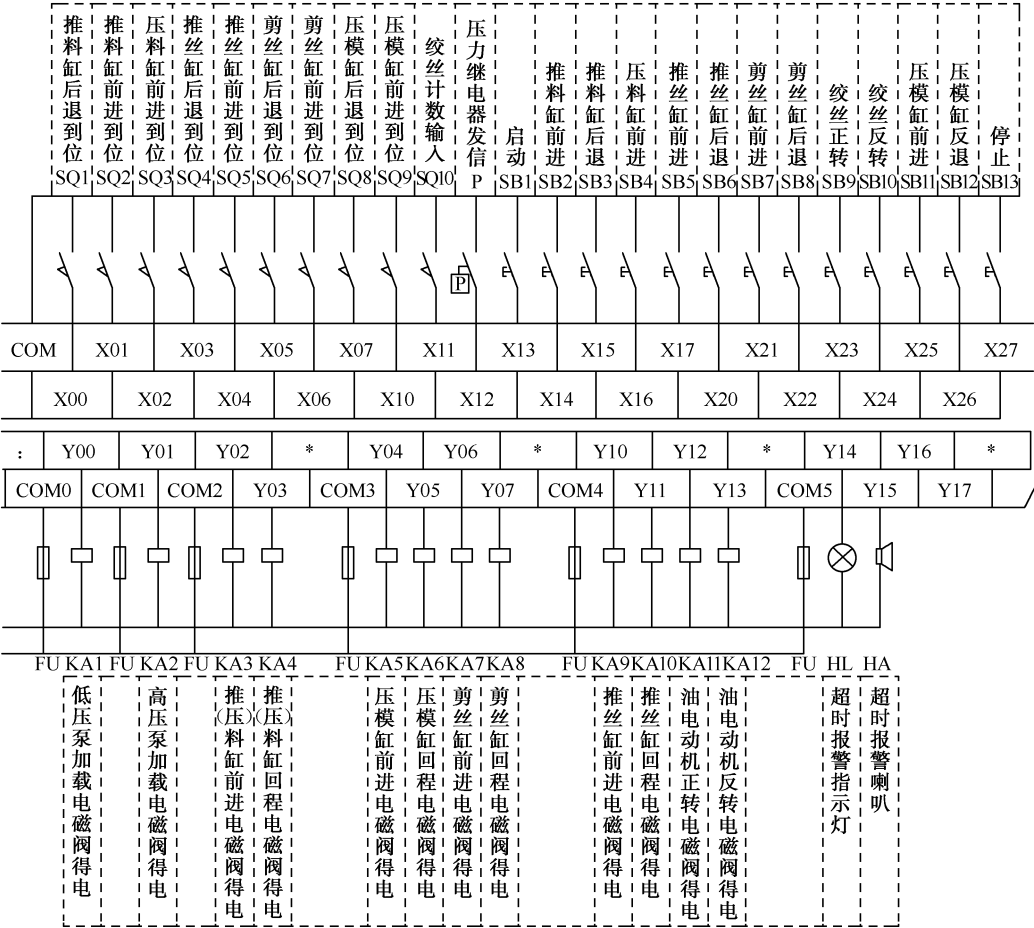


图 9-6 PLC 输入/输出分配图

9.3 PLC 程序设计

打包机在工作时动作较多，且各个动作之间有严格的逻辑关系，每一工步的控制均可采用自动和手动两种模式。PLC 采集现场行程开关、光电传感器和压力传感器的信号，以控制下一动作的触发，并在压力值越界时发出报警信号。整个程序的控制方式为顺序控制，程序共分 5 部分。

- (1) 系统初始化；
- (2) 绞丝数确定；
- (3) 打包机自动控制程序；
- (4) 打包机手动控制程序；
- (5) 超时报警程序。

1. 系统初始化

初始化要完成的动作有：

- 推料缸初始化：推料缸后退到（K1）位置。
- 推丝缸初始化：推丝缸后退到（K4）位置。
- 剪丝缸初始化：剪丝缸后退到（K6）位置。



压模缸初始化：压模缸后退到（K8）位置。

自动初始化程序如图 9-7 所示，单击触摸屏按钮（自动初始化 M1），进入自动初始化状态。



图 9-7 自动初始化程序

2. 绞丝数确定

当（初始化完成灯 M13）亮后，返回主菜单，根据打包的大小和废纸的质量，需确定打包机绞丝的数值，单击相应的按钮，将相应的数据输送到绞丝计数器。绞丝数确定程序，如图 9-8 所示。

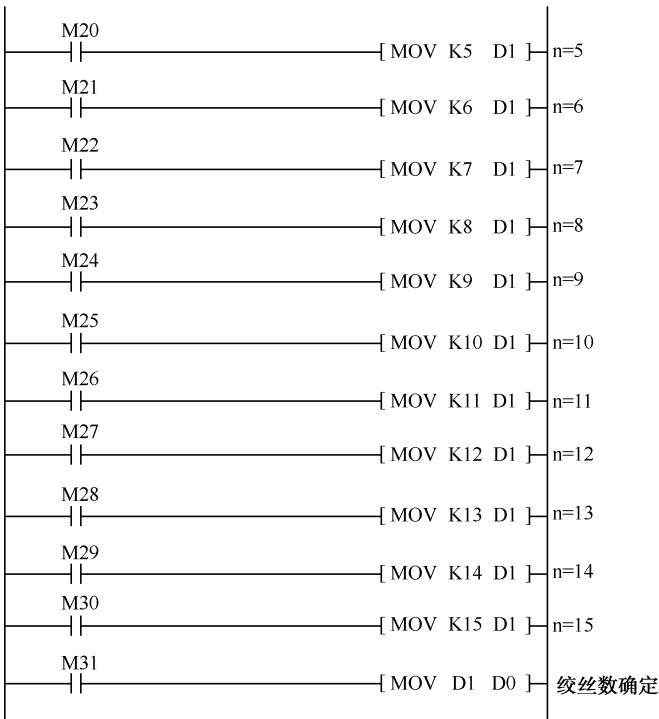


图 9-8 绞丝数确定程序



3. 打包机自动控制

在系统初始化和绞丝数确定的基础上，单击“开始”按钮，打包机按照顺序开始工作，部分打包程序，如图 9-9 所示。

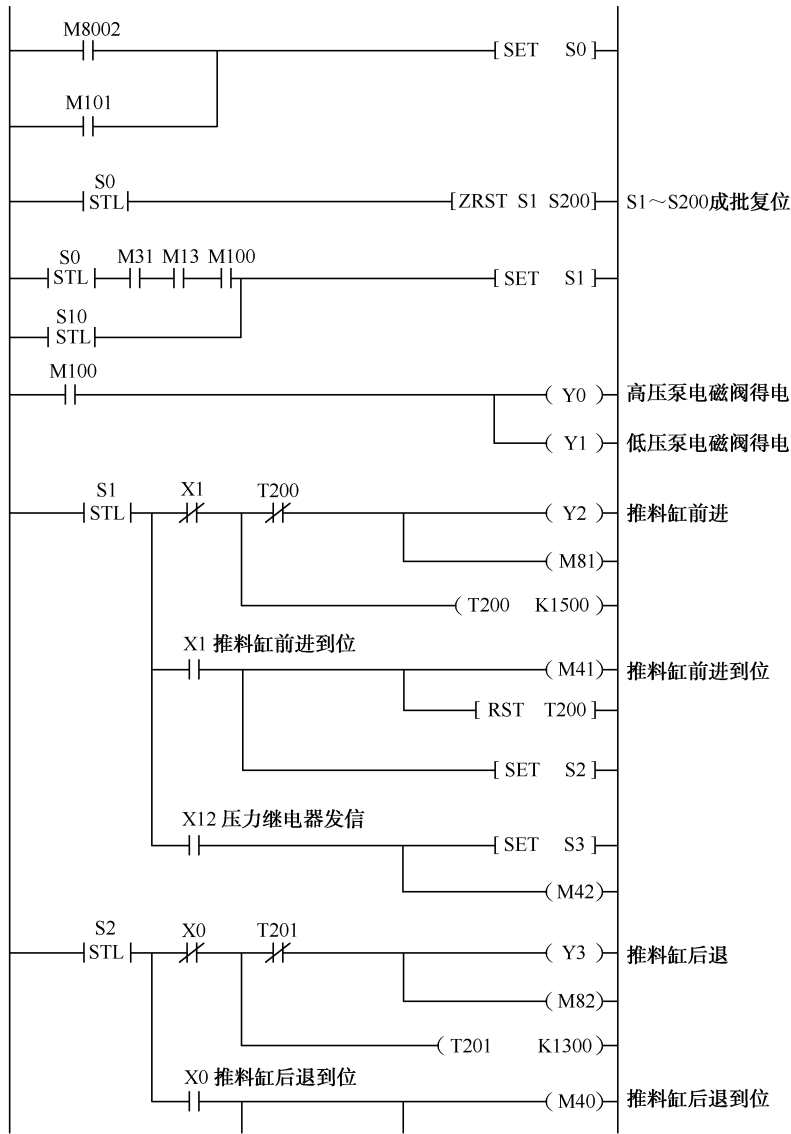


图 9-9 部分打包程序

9.4 触摸屏界面设计

1. 触摸屏设计步骤

触摸屏选用三菱公司生产的 A970GOT-TBA-CBR，触摸屏软件为三菱 GTD2，GTD2 提供了多种控制器件、图形控件和功能组件，能组合各种显示和控制功能。利用人机界面组件，能组合各种显示和控制功能。利用人机界面操作监控系统，对 PLC 中的实时数据进行显示、



记录、存储、处理，从而满足各种监控要求。软件还可以为不同的操作人员设置不同的操作密码和相应的操作权限。触摸屏软件的设计包括创建界面和信息，并将它们和 PLC 程序相连。具体分为以下 3 个步骤：

（1）界面可视化设计

界面组态具体涉及输入/输出区域组态、指示器组态、功能键组态、控制键组态及文本显示等各种格式，可根据实际控制功能的差异设计不同的界面。

（2）设定变量

变量在触摸屏的组态功能与 PLC 的相应 I/O 接点及存储单元之间建立联系，实现触摸屏敏感元件对 PLC 参数的输入、PLC 当前值及报警信号向触摸屏的输出。

（3）设置通信参数

实现触摸屏与 PLC 的通信。

根据实际应用情况，笔者设计了以下 3 个界面：

（1）主界面

触摸屏的默认界面，实现操作者密码设定、系统时间设定，同时可以切换到其他任意界面。

（2）手动操作界面

界面上设置若干功能按键，分别对打包机的每个动作进行手动操作。

（3）状态监控界面

通过界面，操作人员可对打包机的运行状况实时监控，可显示当前已完成打包数量及故障报警信号。

2. 主菜单界面

主菜单界面为触摸屏开机后显示的第一个界面，主菜单界面如图 9-10 所示，按钮说明如下：

- （1）“系统初始化”：单击即进入系统初始化界面。
- （2）“绞丝数确定”：单击即进入绞丝数确定界面。
- （3）“打包机自动工作”：单击即进入打包机自动工作界面。
- （4）“打包机手动工作”：单击即进入打包机手动工作界面。



图 9-10 主菜单界面



3. 液压系统初始化界面

液压系统初始化界面如图 9-11 所示，初始化界面按钮说明如下：

按“起动”按钮，系统开始自动初始化，先是高低压泵电磁阀同时得电，指示灯 M0 亮。然后同时进行以下动作：推料缸初始化（完成时指示灯 M1 亮），推丝缸初始化（完成时指示灯 M2 亮），剪丝缸初始化（完成时指示灯 M3 亮），绞丝缸初始化（完成时指示灯 M4 亮），压模缸初始化（完成时指示灯 M5 亮），当以上动作全都完成时，表示初始化完成，指示灯 M6 亮。



图 9-11 液压系统初始化界面

4. 绞丝数确定界面

绞丝数确定界面如图 9-12 所示，根据打包的大小和废纸的质量，单击相应的按钮，确定打包机绞丝的数值，单击“确定”按钮，将相应的数据输送到绞丝计数器。

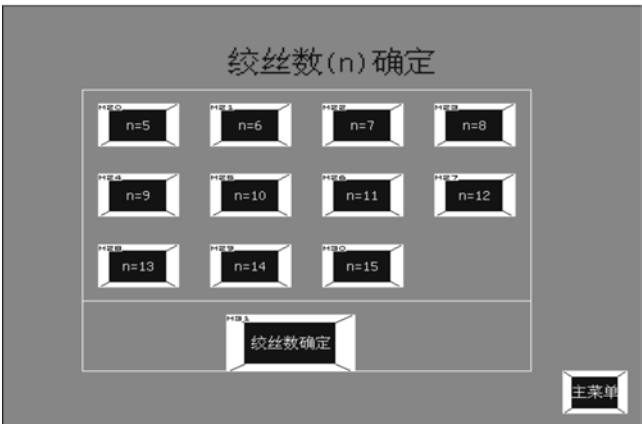


图 9-12 绞丝数确定界面

5. 打包机自动工作界面

打包机自动工作界面如图 9-13 所示，进入此界面，进行自动打包。按钮说明如下：

- 1) “起动”按钮：单击即打包机按照顺序开始工作，此界面可以很清楚地看出打包机的



工作情况。

- 2) “停止”按钮：在停止进料时，单击此按钮，打包机停止工作。
- 3) “停止鸣叫”按钮：当系统发生超时报警时，系统会鸣叫，按此按钮停止鸣叫。

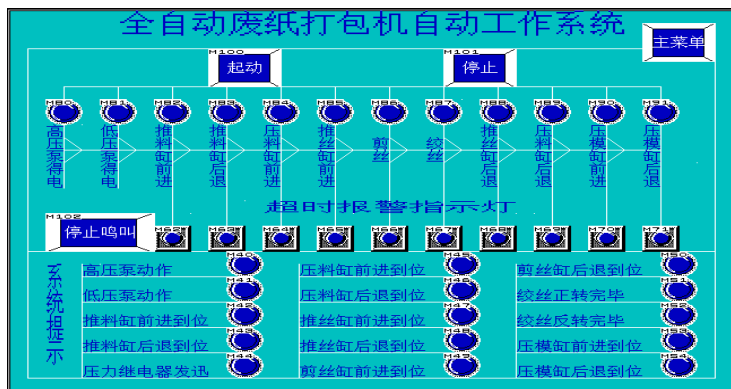


图 9-13 打包机自动工作界面

6. 手动工作界面

打包机手动工作界面如图 9-14 所示，进入此界面，可以进行手动打包，按钮说明如下：

- 1) 工作按钮 12 个，单击相应按钮，完成相应的动作。
- 2) 报警指示灯 12 个，相应的动作超时，开始鸣叫，相应的指示灯亮。
- 3) 系统提示灯 14 个，提示相应的动作。
- 4) “停止鸣叫”按钮：表示在系统超时，系统鸣叫，当用户知道报警时，可以关闭鸣叫。
- 5) “主菜单”按钮：表示返回主菜单。

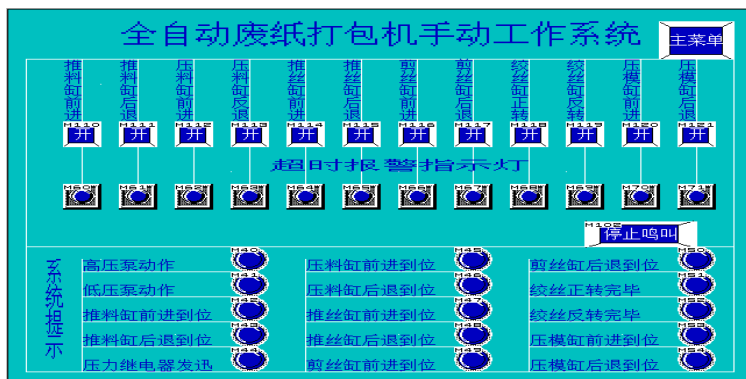


图 9-14 打包机手动工作界面

7. 计算机与 GOT 的通信

将 GOT 的输入端口与计算机的 RS-232C 连接。然后在软件 GT Designer2 工具栏有一个“通信”按钮，单击“通信”按钮，选择（与 GOT 的通信），就会出现图 9-15 的对话框，选择（下载>GOT），选择相应的选项，单击“下载”按钮，就可以将“全自动打包机的系统下载”下载到触摸屏中，通信端口：COM1，传输速度：38 400b/s。

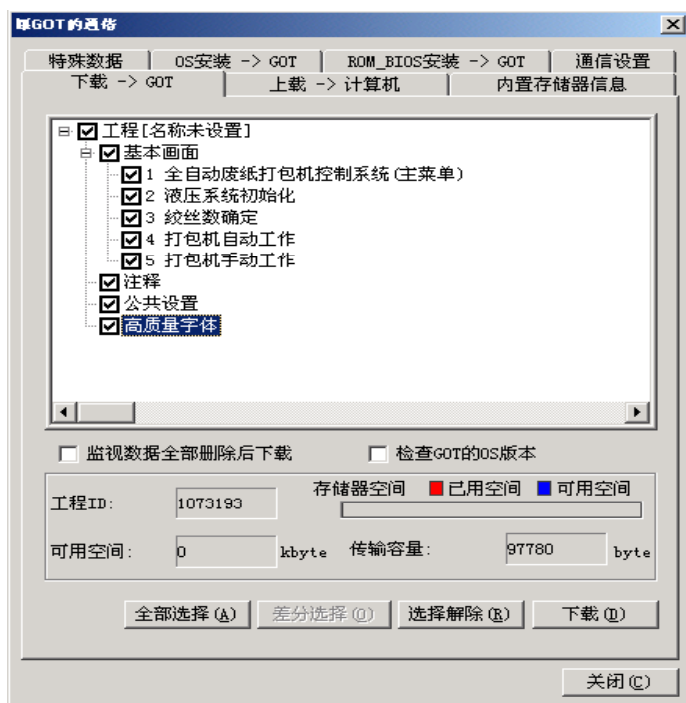


图 9-15 计算机与 GOT 的通信

第 10 章 FX2N PLC 在下料机上的应用

10.1 下料机的结构与动作要求

1. 下料机结构

下料机结构如图 10-1 所示，系统由送料、定位、剪切 3 个部分组成。采用 7 个限位开关。系统未动作时，横梁及剪切刀的限位开关均断开，并且圆导轨上起。启动时，启动送料机构，带动板料向左/右移动。当板料碰到行程开关时，送料停止。同时启动，圆导轨下起，剪切电动机启动，控制剪刀下落。直到把板料剪断，板料继续向左/右，接近限位开关，一个工作循环结束。

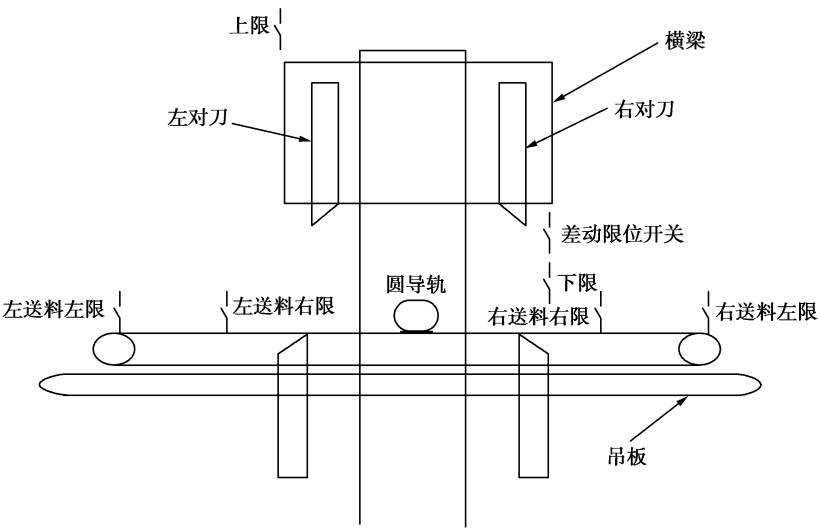


图 10-1 下料机结构示意图

2. 液压驱动电路电磁阀动作

整个液压驱动电路如图 10-2 所示，电磁阀 1 驱动送料台 1，电磁阀 2 驱动送料台 2，电磁阀 3 驱动左杆油缸，电磁阀 4 驱动右杆油缸，电磁阀 4 驱动吊板移动油缸。电磁阀 5 驱动整个系统，电磁阀动作循环表见表 10-1，行程开关动作见表 10-2。



表 10-2 行程开关动作

XK1（XK3）	压位 XK1（或 XK3），工作台退料结束，动作停止。
XK2（XK4）	压位 XK2（或 XK4），送料结束，快速下行开始。
XK5	压位 XK5，快速（差动）下行结束，慢行开始。
XK6，XK7	上限，下限开关

3. PLC 输入/输出及控制面板的设计

系统选用 FX2N 的 48MR 型 PLC 作为控制器，占用 24 个输入点。当一块板料剪切完成时，剪板机完成一次送料、压紧、剪切、一个工作循环结束，加工出一块板料；“手动”位时，与点动开关 X21，X22，X23，X24，SA2，SA3 相配合，分别实现送料、退料、剪切等点动控制，满足维修和工作调整的需要。FX2N 是基本单元中的输入点按照 X000~X007，X010~X017，这样的八进制格式进行编号；扩展单元的输入点则接着基本单元的输入点顺序进行编写。系统输入点分配表见表 10-3。输出端用了 14 个输出点。分别使用电磁阀控制电动机的启动/停止。系统输出点分配表见表 10-4。PLC 输入/输出接线图如图 10-3 所示。为了便于操作将控制开关放置在控制面板上，控制面板布置图如图 10-4 所示。

表 10-3 系统输入点分配表

序 号	输入端地址	信 号 名 称	说 明
1	X0	急停	点动
2	X1	自动/手动	转换开关
3	X2	左对刀	转换开关
4	X3	右对刀	转换开关
5	X4	左启动	点动
6	X5	右启动	点动
7	X6	KT1	延时闭合
8	X7	KT2	延时闭合
9	X10	左送料左限	限位开关
10	X11	左送料右限	限位开关
11	X12	右送料左限	限位开关
12	X13	右送料右限	限位开关
13	X14	差动限位	限位开关
14	X15	上限	限位开关
15	X16	下限	限位开关
16	X17	复位	点动
17	X20	左送料	点动
18	X21	左退	点动
19	X22	右送料	点动
20	X23	右退	点动
21	X24	横梁下行	点动
22	X25	横梁上行	点动
23	X26	吊板往返	点动
24	X27	圆导轨顶启	点动



表 10-4 系统输出点分配表

序 号	输出端地址	输出驱动作用
1	Y1	总电磁阀
2	Y2	左送料阀 1 左
3	Y3	左送料阀 1 右
4	Y4	右送料阀 1 左
5	Y5	右送料阀 1 右
6	Y6	左横阀 3 左
7	Y7	左横阀 3 右
8	Y10	吊板阀 4 左
9	Y11	吊板阀右
10	Y12	主电磁阀左
11	Y13	主电磁阀右
12	Y14	电磁球阀
13	Y15	左载延时
14	Y16	右载延时

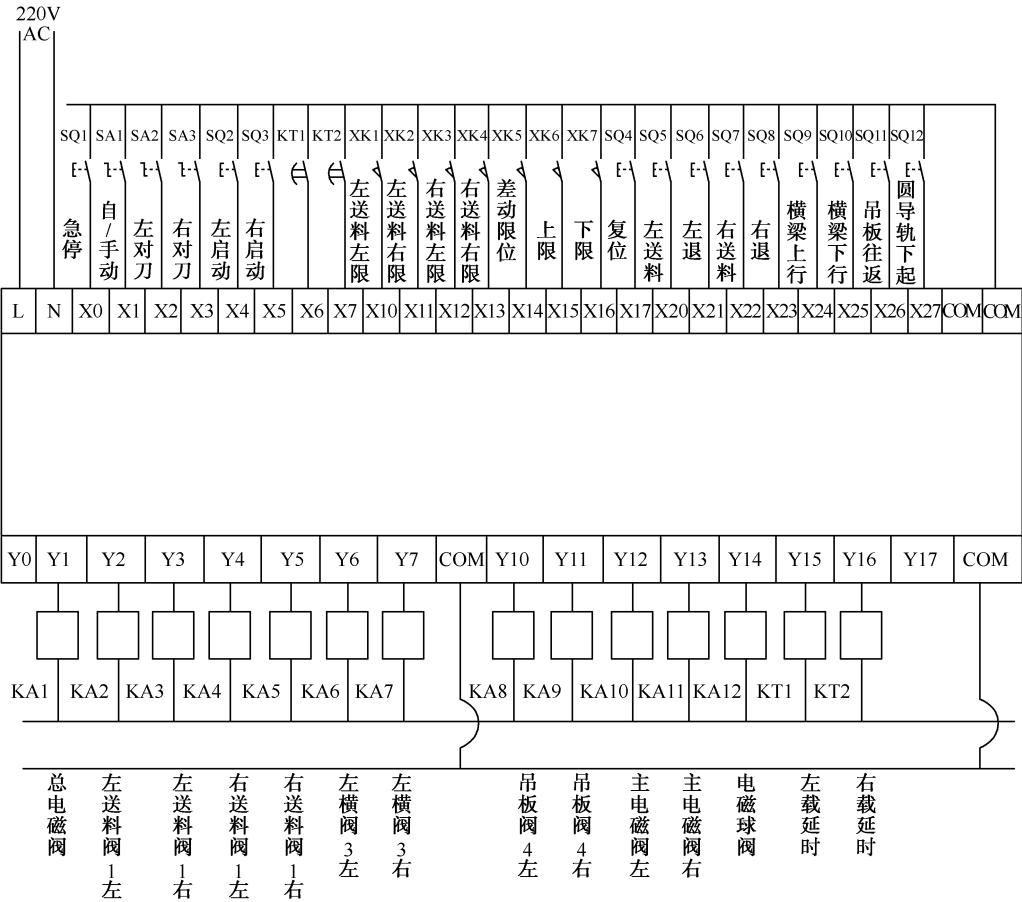


图 10-3 PLC 输入/输出接线图

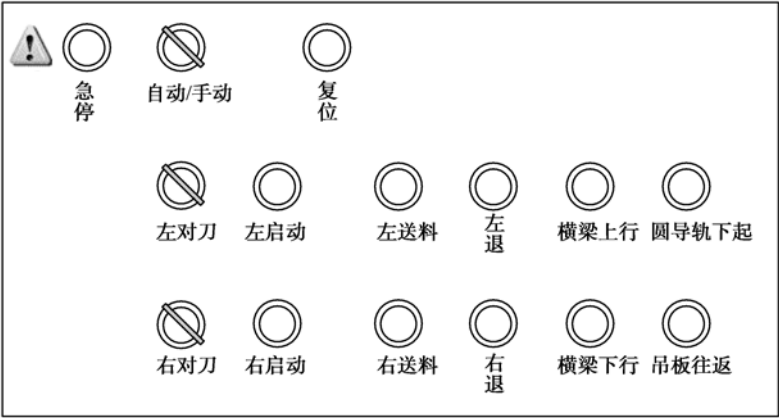


图 10-4 控制面板布置图

10.2 下料机系统 PLC 内部资源分配

10.2.1 FX2N 内部资源分配

各种不同型号和档次的 PLC 具有不同数量和功能的内部资源，但构成 PLC 基本特征的内部软元件是类似的。在编写程序前，需分配 FX2N-48MR 小型 PLC 内部资源。

1. 内部继电器的分配

在可编程控制器内部可多次使用，但不能输出的继电器叫做内部继电器或辅助继电器。内部继电器与输出继电器的不同点是它只在程序中使用，既不能直接读取外部输入状态，也不能直接驱动外部负载。内部继电器 M 在程序中的作用相当于继电器控制系统中的中间继电器，其功能是在程序中用于中间状态暂存、移位、辅助运算或赋予特别用途。PLC 的内部继电器分普通型、掉电保持型和赋予特殊用途型三类。

本工程使用内部继电器见表 10-5。

表 10-5 内部继电器分配表

Y	自 动 左	自 动 右	对 刀 左	对 刀 右	手 动	复 位
Y1	M20	M60	M120	M160	M180	M200
Y2	M21	M61	M121	M161	M181	M201
Y3	M22	M62	M122	M162	M182	M202
Y4	M23	M63	M123	M163	M183	M203
Y5	M24	M64	M124	M164	M184	M204
Y6	M25	M65	M125	M165	M185	M205
Y7	M26	M66	M126	M166	M186	M206
Y10	M27	M67	M127	M167	M187	M207



续表

Y	自 动 左	自 动 右	对 刀 左	对 刀 右	手 动	复 位
Y11	M28	M68	M128	M168	M188	M208
Y12	M29	M69	M129	M169	M189	M209
Y13	M30	M70	M130	M170	M190	M210
Y14	M31	M71	M131	M171	M191	M211
Y15	M32	M72	M132	M172	M192	M212
Y16	M33	M73	M133	M173	M193	M213

2. 定时器 T 的分配

FX2N 系列 PLC 中定时器按十进制编号,从 T0~T255 共 256 个,其中 T0~T199 是 100ms 普通定时器,T200~T245 为 10ms 普通定时器;T246~T249 是 10ms 累计定时器,T250~T255 是 100ms 累计定时器。本工程使用定时器见表 10-6。

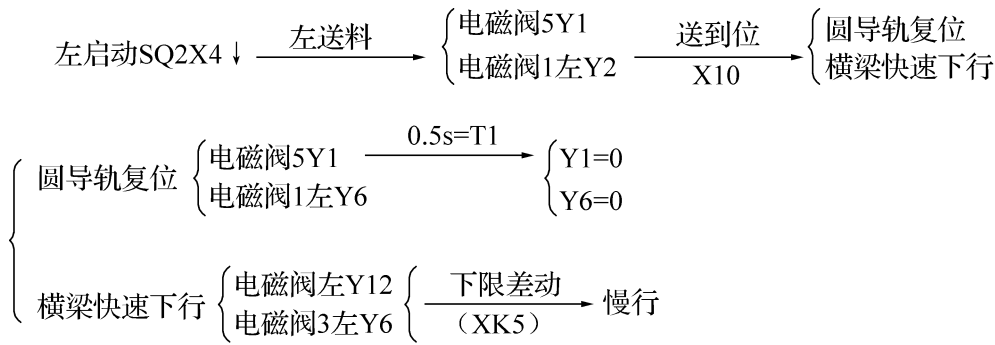
表 10-6 定时器 T 分配表

左 送	右 送	左 对 刀	右 对 刀
T1	T11	T21	T31
T2	T12	T22	T32
T3	T13	T23	T33
T4	T14	T24	T34
T5	T15	T25	T35

10.2.2 下料机详细 PLC 顺序动作流程

根据下料机动作流程、PLC 输入输出点分配、内部继电器的分配、定时器 T 的分配,画出下料机详细 PLC 顺序动作流程。

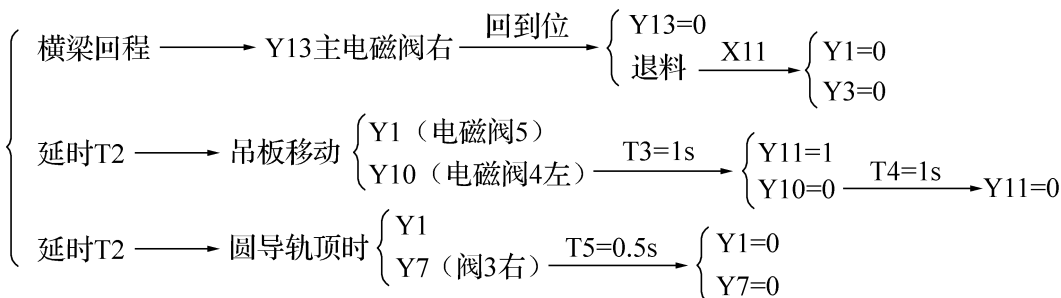
第1步：左送料 条件自动X1=1



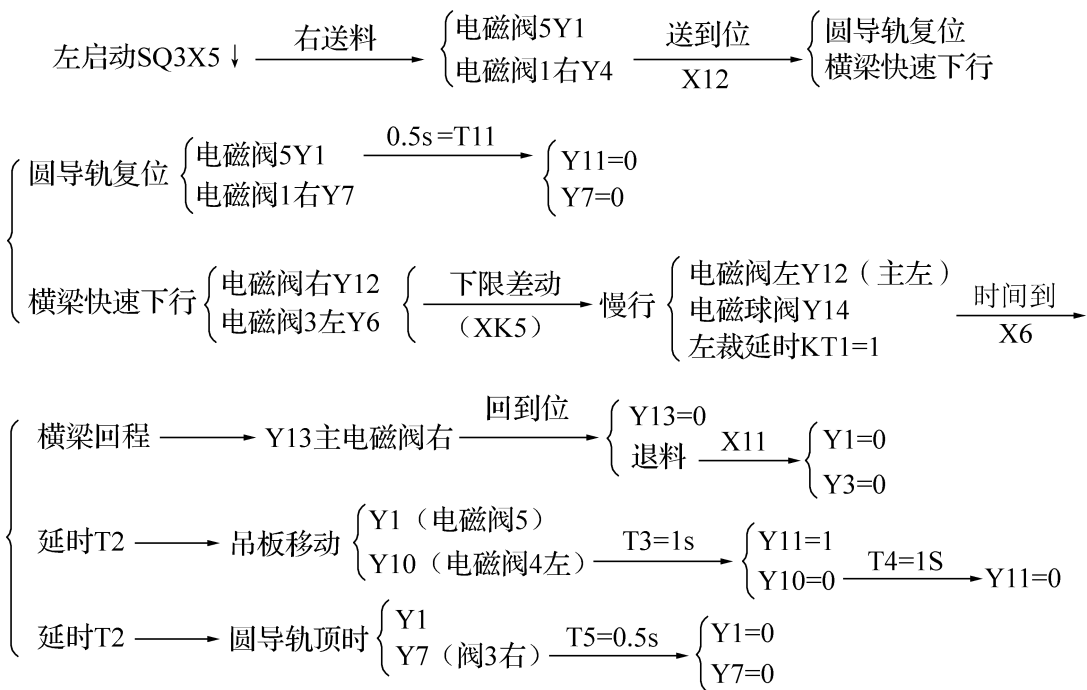


电磁阀左Y12（主左）
电磁球阀Y14
左裁延时KT1=1

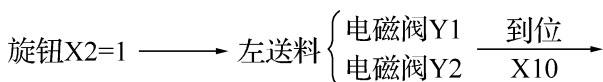
时间到
X6



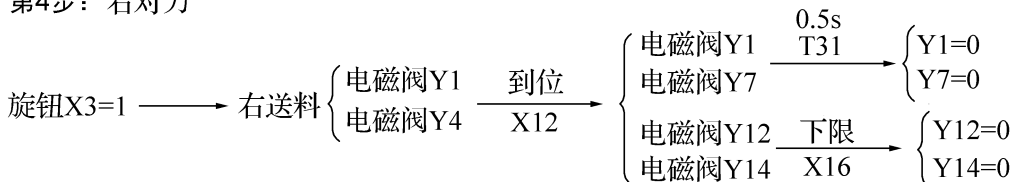
第2步：右送料



第3步：左对刀



第4步：右对刀

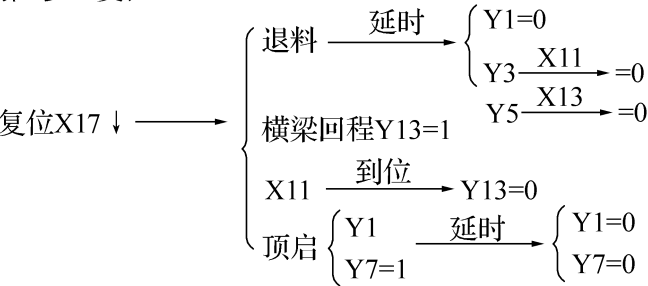




第5步：手动：X1=0



第6步：复位



10.3 控制系统 PLC 程序

下料机的 PLC 控制设有手动和自动两种工作方式，调试时用手动工作方式，连续生产时用自动工作方式。当工作方式开关置于手动时，可通过操作台面板上相应的按钮开关运行某道工序；当工作方式开关设置为自动时，实现自动循环工作。根据下料机工作过程设计出 PLC 控制系统程序。

1. 左送料程序

左送料程序如图 10-5 所示。当 X1 处于自动档时即 X001 为常开，此时下料机处于自动状态，将 X4 处于常闭即 SQ2 按下后，在右送料右限位开关处于闭合状态下，即 X013 处于闭合，M0 动作，从而使得常开 M0 闭合，使得 M21、M10 得电驱动下料机总电磁阀 Y1 动作并且使下料机电磁阀 Y2 向左送料。

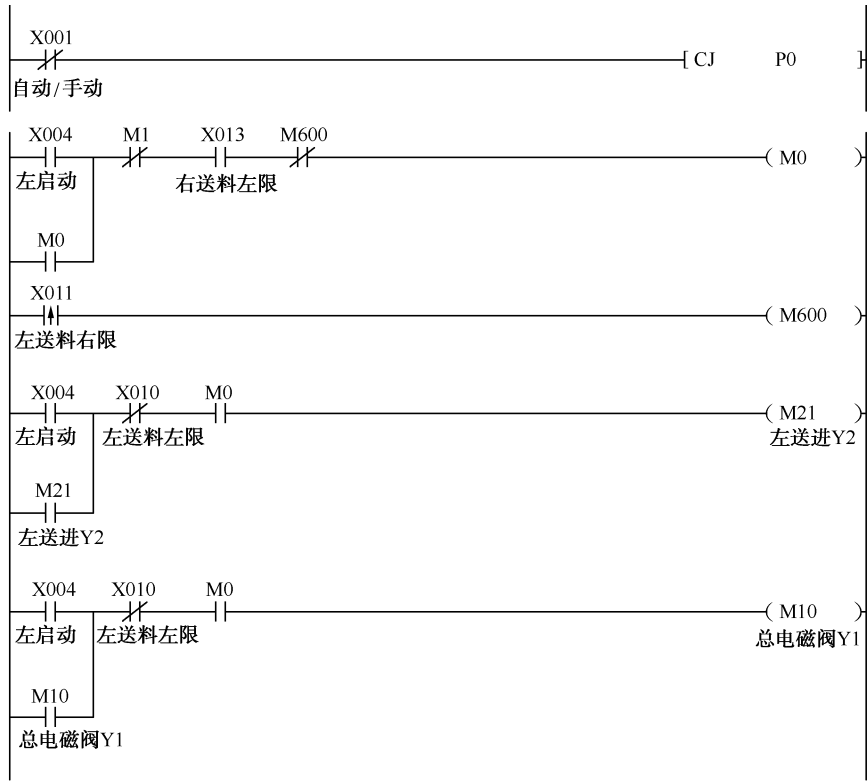


图 10-5 左送料梯形图

2. 左送料横梁下行程序

左送料横梁下行程序如图 10-6 所示。横梁下行到限位开关 X010 得电，输出一个上升沿脉冲，M25、M29 和 M31 动作，M10、M21 停止动作，M25 驱动电磁阀 3 左 Y6，T1 延时 K8 秒，T1 常闭断开，M25 线圈失电，电磁阀 3 左 Y6 停止动作，M29 动作驱动主电磁阀左动作，M31 动作驱动电磁球阀动作，M29、M31 动作使得横梁上行，M10 停止动作将会使得左送料停止，M21 停止动作也就是驱动总电磁阀停止。

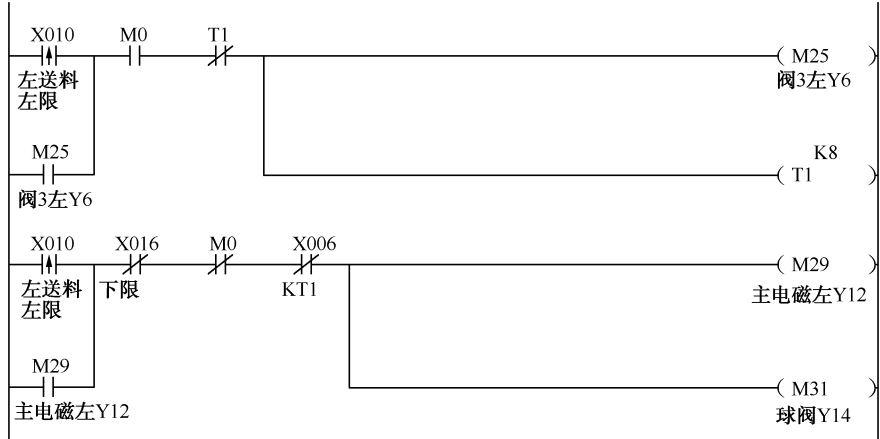


图 10-6 左送料横梁下行梯形图



3. 左送料横梁上行程序

左送料横梁上行程序如图 10-7 所示。当 X026 输出一个上升沿脉冲时，M32 得电驱动 KT1 闭合，X006 输出一个上升沿脉冲从而使得 M30 得电，驱动主电磁阀右动作，此时横梁上行，T2 延时 K6 秒，T60 延时 K40 秒。直到到达上限位开关 X15，常闭 X015 断开从而 M30 失电，主电磁阀停止向右，横梁停止上行。X015 上升沿脉冲使 M22、M15 得电，M22 驱动左送退 Y3，M15 驱动总电磁阀。

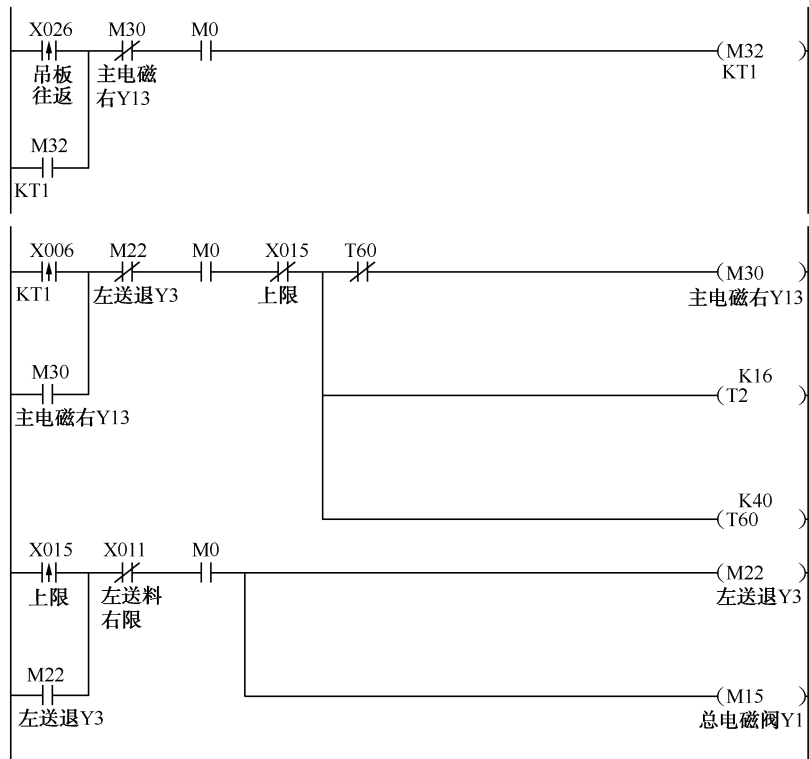


图 10-7 左送料横梁上行梯形图

4. 左送料吊板向左

左送料吊板向左程序如图 10-8 所示。当 T2 延时 K6 秒后输出一个上升沿脉冲，M26、M27、M11 得电，T5 得电延时 K2 秒，M26 得电驱动电磁阀 3 右 Y7，M27 得电驱动吊板向左 Y10，M11 得电驱动总电磁阀 Y1。

5. 左送料吊板向右

左送料吊板向右程序如图 10-9 所示。T3 延时 K8 秒动作，T3 上升沿脉冲后 M28 得电，驱动吊板右 Y11，T4 延时 K8 秒后，吊板一个往返结束停止动作。

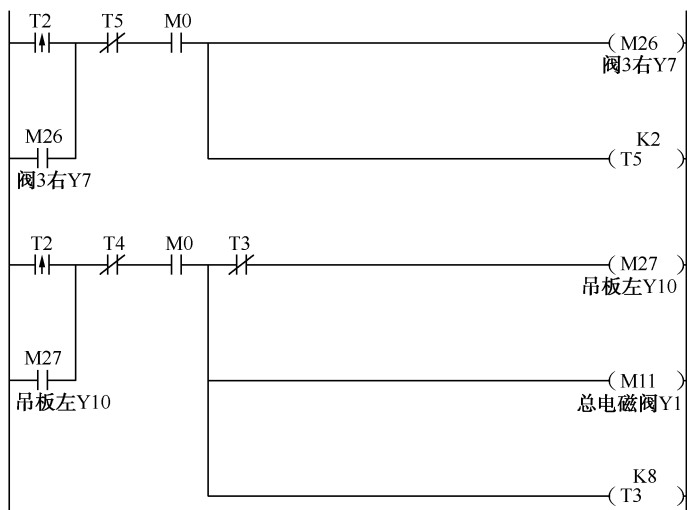


图 10-8 左送料吊板向左梯形图

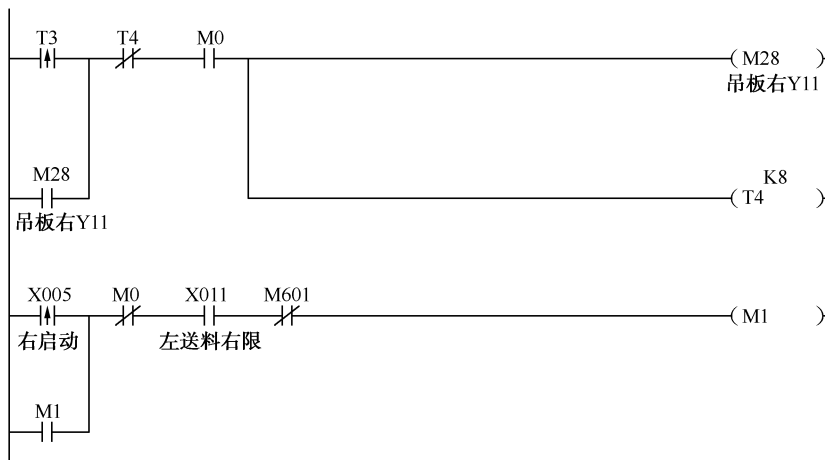


图 10-9 左送料吊板向右梯形图

6. 右送料

右送料程序如图 10-10 所示。SQ3 按下后 X5 处于闭合，在左送料左限位开关处于闭合状态下，M1 动作，使得 M20 得电，M20 得电驱动下料机总电磁阀 Y1 动作并且使下料机电磁阀 Y4 向右送料。

7. 右送料横梁下行

右送料程序如图 10-11 所示。电磁阀 Y4 向右送料直到到达限位开关从而使 X012 动作，M65、M69 和 M71 动作，M65 驱动电磁阀 3 左，T11 延时 K20 秒，M69 驱动主电磁左，M69、M71 使得横梁上行。

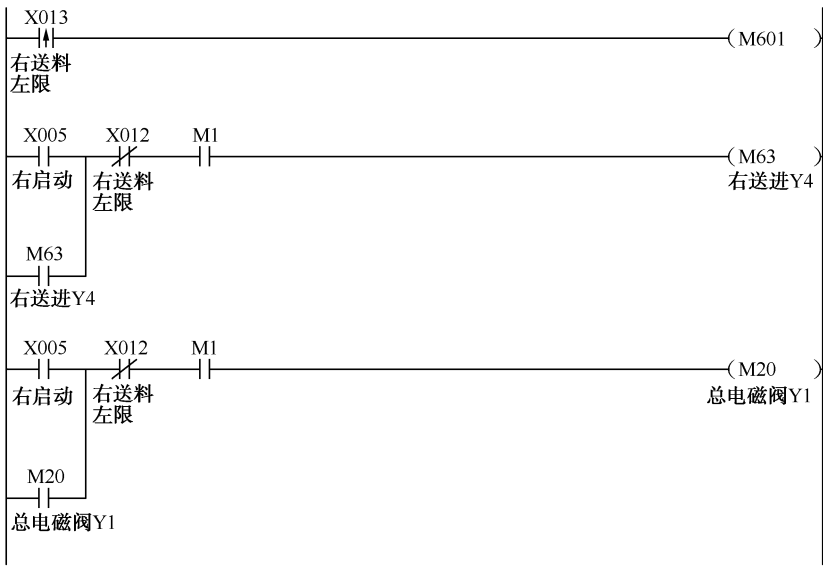


图 10-10 右送料梯形图

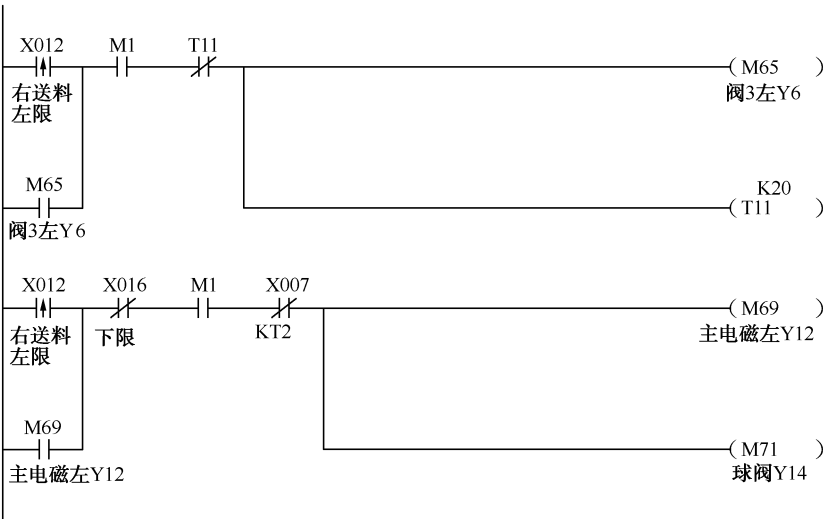


图 10-11 右送料横梁下行梯形图

8. 右送料横梁上行

右送料横梁上行程序如图 10-12 所示。当 X014 动作输出上升沿脉冲时，M73 得电，驱动 KT2 动作，X007 动作输出上升沿脉冲从而使得 M70 得电，驱动主电磁阀右动作，T2 得电延时 K20 秒，T61 得电延时 K56 秒。到达上限位，开关 X15 动作，从而 M70 失电主电磁阀停止向右，X015 得到一个上升沿脉冲时，M64、M14 得电，M64 驱动电磁阀右送退 Y5，M14 得电驱动总电磁阀。如图 10-13 所示。

9. 右送料吊板往返

右送料吊板往返程序如图 10-13 所示。T12 延时 K20 秒后，M66、M67 得电，M66 得电驱动电磁阀 3 右，M67 得电驱动吊板左，M60 主电磁阀动作。当 T13 延时 K8 秒后 M68 得电



驱动吊板右 Y11，M11 得电驱动总电磁阀 Y1，T3 延时 K8 秒动作图 10-8，M68 得电驱动吊板右 Y11，T14 延时 K8 秒后，M68 停止动作，一个动作循环终止。

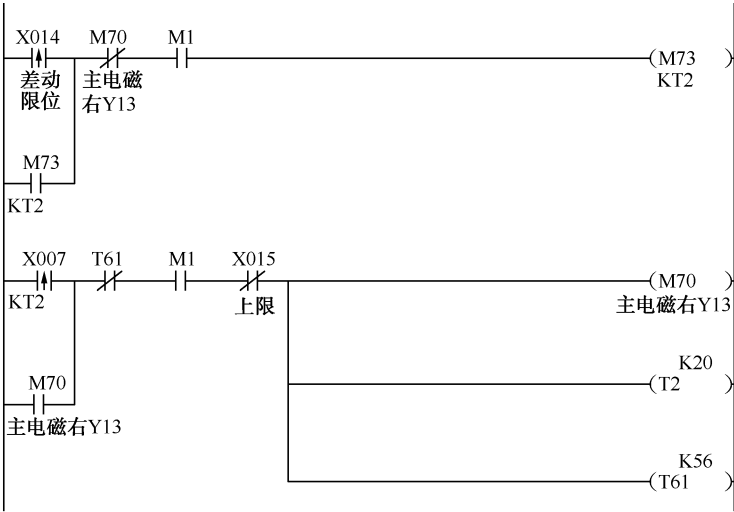


图 10-12 右送料横梁上行梯形图

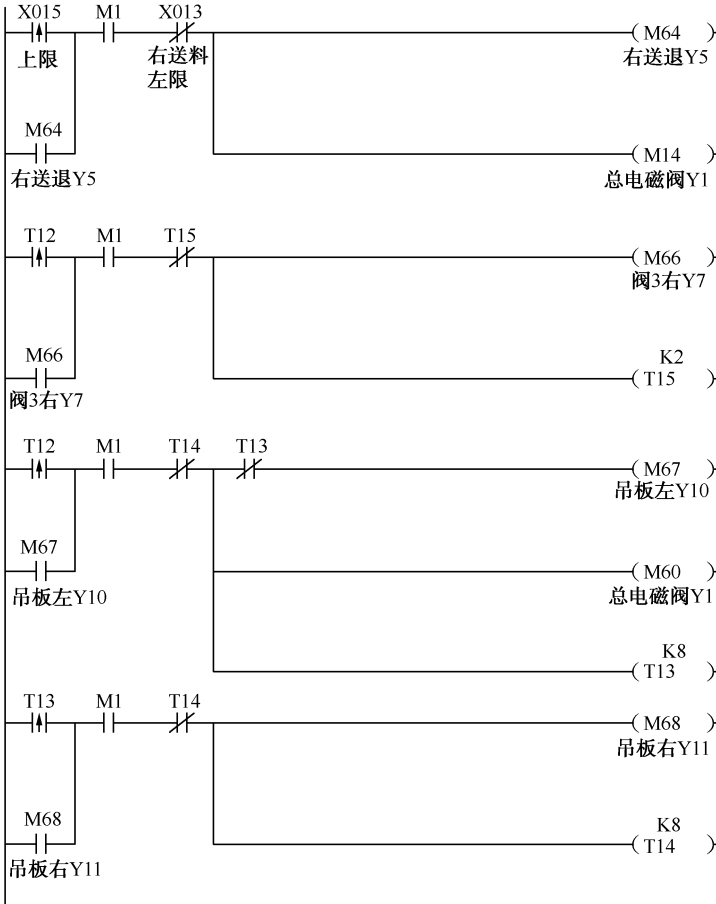


图 10-13 右送料吊板往返梯形图



10. 手动左对刀

手动左对刀程序如图 10-14 所示。当手动时 X001 为常闭，进入手动程序，按下 SA2 时 X2 为 1，则 M3 动作，且 M3 与下面动作自锁，M3 动作后将使得 M120、M121 分别动作，M120 驱动总电磁阀动作，M121 驱动下料机向左送进，在左送进到达左限位 X010 动作，使得 M125、M121、T21、M129、M131 分别动作，M121 使得左送进停止，T21 延时 K5 秒后总电磁阀停止，M129、M131 动作使得横梁上行。

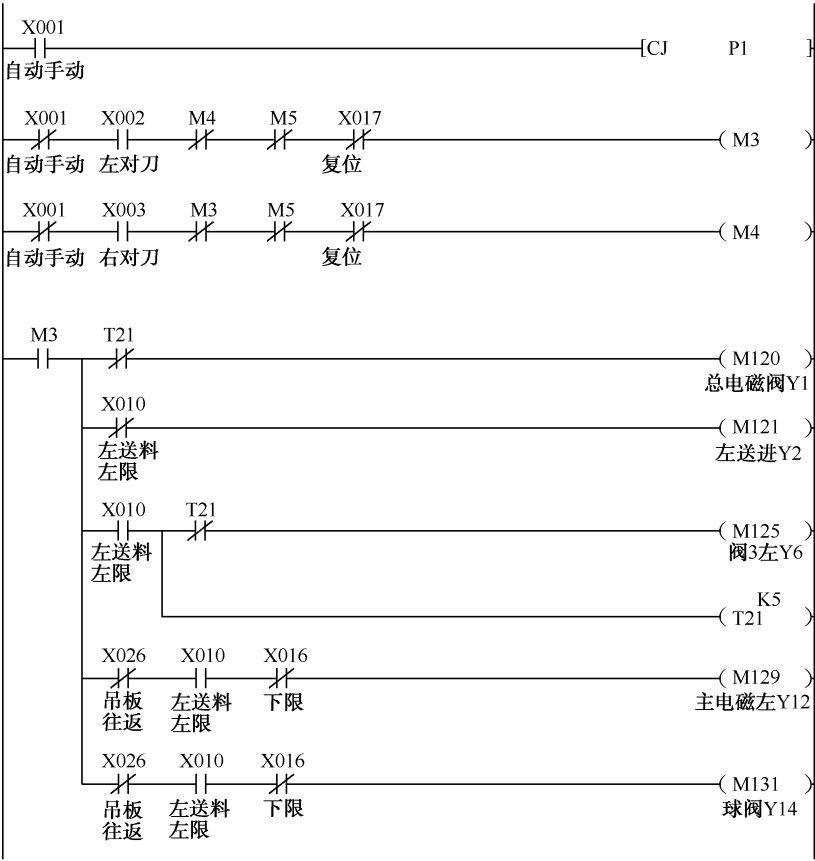


图 10-14 手动左对刀梯形图

11. 手动右对刀

手动右对刀程序如图 10-15 所示。按下 SA3 时 X3 为 1，则 M4 动作，1M4 动作后将使得 M160、M163 分别动作，M160 驱动总电磁阀动作，M163 驱动下料机向右送进，到达左限位，开关 X012 动作，使得 M165、M163、T31、M169、M171 分别动作，M163 使得右送进停止，T31 延时 K5 秒后总电磁阀停止，M169 驱动主电磁阀左，M171 驱动电磁球阀动作，M169、M171 使得横梁上行。

12. 手动左送退、右送退

手动左送退、右送退程序如图 10-16 所示。手动时 M6 得电动作，按下左送退按钮 X021，则 M182、M180 分别动作 M182 使得左送退，M180 使得总电磁阀动作，左送料阀到达右限



位开关则停止工作。右送退、横梁下行、横梁上行工作过程类似。这里不再一一介绍。

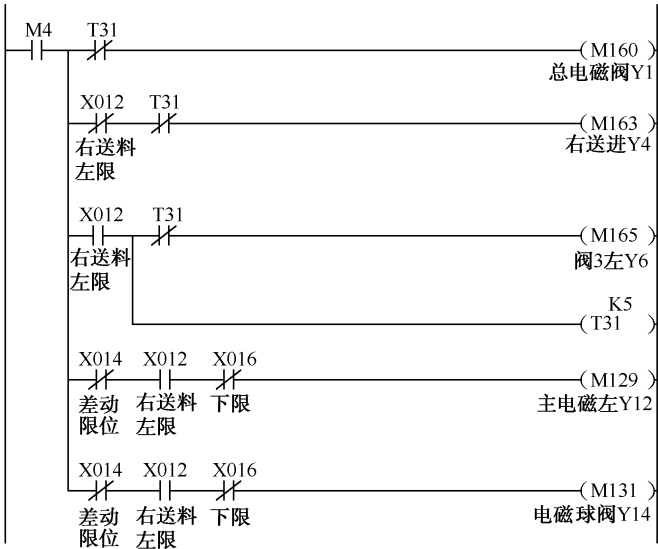


图 10-15 手动右对刀梯形图

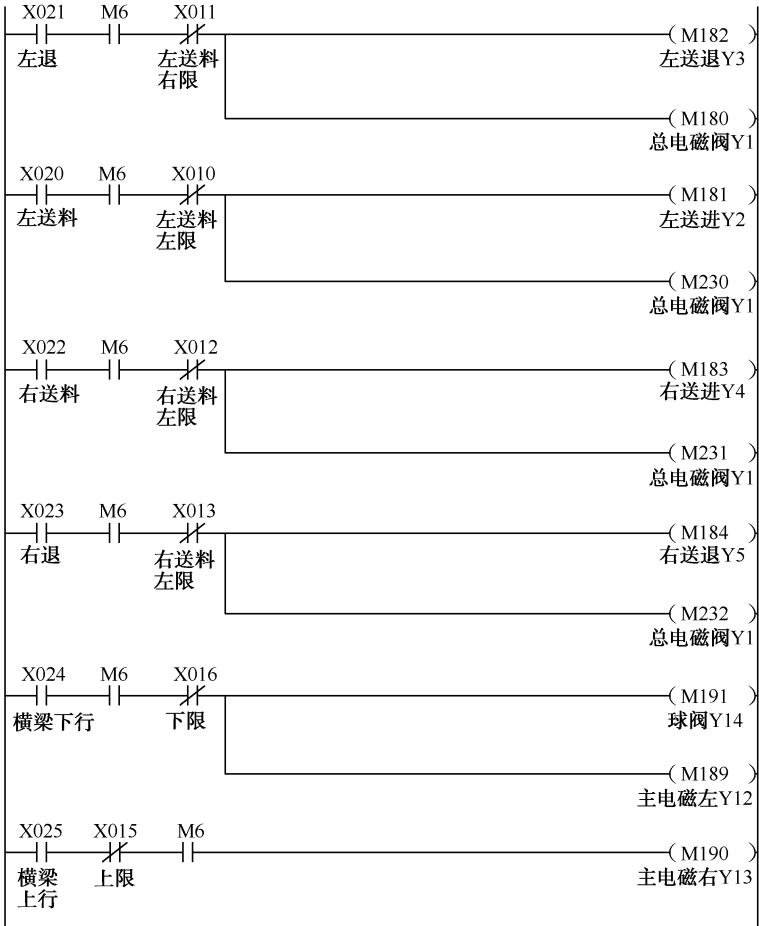


图 10-16 手动左送退、右送退梯形图

第 11 章 西门子 S7-200 PLC 和 F940 触摸屏在砌块成型机上的应用

11.1 砌块成型机工艺流程

1. 砌块成型机系统特点

砌块成型机利用粗砂、碎石、细砂、石粉、水泥，按照一定比例混合，通过液压系统，将原料压合在一起，形成在建筑中使用的标准砖、空心砖和马路砖。不需烧制，既保护耕地，又保护环境，是一种新型环保型建筑材料。砌块成型机采用机电液一体化设计，控制采用西门子 S7-200 可编程控制器 PLC 和人机界面 F940 触摸屏，界面容易操作。每个动作的速度和压力都可以在人机界面上设定，并可以显示各电动机的工作状态以及各限位开关的状态，具有误操作提示，出错保护功能。系统特点如下：

1) 砌块成型机采用液压和电气联合驱动和控制，在满足功能和可靠性的前提下，液压部分大大简化，使设备的成本降低，控制变得更为简便。应用独立的液压集成站，避免了由于主机振动对液压系统的影响，保证了液压系统工作的可靠性。

2) 成型机具有模振和台振两种功能，其振幅可以根据原料的品种和配比进行调节，由于振动功能的特殊效果，使产品的密度和强度均一。对模具采用夹紧技术，使振动效果更优化。另外，根据市场的需求可更换不同的模具，可生产出多种型号尺寸和外形的制品，包括实心砌块、空心砌块及各种颜色步道砖等。

3) 脱模过程采用同步随动处理方式，保证成型砖完整脱模，提高了成型砌块的成品率。

4) 原材料适应性好，可利用废渣生产出高质量的承重或非承重制品。如原料配比为粉煤灰 56%，石灰 13.6%，石膏 2.4%，高炉渣 8%，砂 20%，添加激发剂，生产出的粉煤灰空心砌块抗压强度可达 15MPa。此外，生产出的砌块抗冻性优良，干缩值及耐久性等指标均达到或超过国家标准要求。

5) 砌块成型机工作中的主要运动受力较大，但速度较低；而布料小车进退、上压头快退，底板下降时受力较小，速度快。液压系统的泵源采用带压力反馈的限压式变量叶片泵，以降低能耗和减少发热。

6) 适用性强、可靠性高。该设备的自动控制与液压控制系统采用西门子 PLC 和触摸屏联合控制的方式，设备动作可靠，操作方便。用户可以根据不同的原料和不同的模具来设定相关的参数，从而生产出不同类型的砌块。同时，该设备设定了完善的故障报警装置，当设备出现故障时，系统会自动停机。

2. 结构组成

砌块成型机的结构如图 11-1 所示，由成型机的主机、加料设备、送板装置、产品输送装



置、液压站及电气控制箱组成。

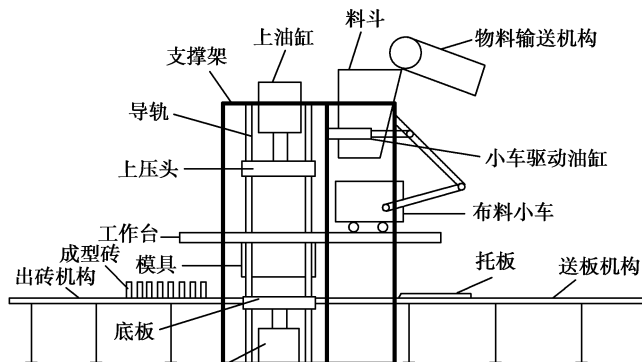


图 11-1 砌块成型机的结构图

(1) 主机

主机由机架、上压头、上模架、上模头、下模框、脱模横梁及压头油缸和脱模油缸组成。

压头油缸安装在机架中间位置，给上压头、上模架、上模头以升降运动。两脱模油缸安装在压头油缸的两侧，带脱模横梁升降，实现下模框上升脱模及复位，并以机械传动保证脱模油缸升降的同步。

(2) 加料送板装置

它由骨料底架、骨料斗、骨料车、送料油缸、钢底板仓及送板装置组成。

钢底板储存在钢底板仓，由摆线针轮减速机带动链条及安装在其上的拨块推动钢底板仓最下面的一块钢底板沿导轨送到模框的下方。

骨料车位于料斗下方时，料门由料门油缸操纵，电气控制打开受料，延时关闭料门，油缸经摆杆推动骨料车至模框上方加料，加料小车上设有尼龙刷，可将压头刷净，以便成型的压头不粘混凝土。

加料小车在模箱上时，振动台开始振动给模箱加料，并使模箱内的混凝土振动达到基本密实，当料偏湿或骨料下料比较困难时，可启动强制加料电动机，使料杆来回疏通，强制加料。加入的混凝土量及密实度由振动加料时间调定，试生产时应根据所用材料及砌块强度要求试验设定。振动加料时间由时间继电器控制。

(3) 产品输送装置

它由输送底架滚筒及传动机构组成。当产品连同钢底板被推到滚筒台时，传动机械把砌块连同钢底板输送到前台停放，或直接输送到小车上，由工人再搬运。

(4) 面料装置

它由面料架、面料斗、料门、面料车组成。料门由料门油缸操纵，电气扩展打开受料，延时关闭料门，油缸经摆杆推动面料车至模框上方加料，退回时刮去多余的料。

当要调换模具时，松开紧固螺钉及顶紧螺钉，将面料架旋转 90° ，留出卸装模具的空间，即能调换模具。模具调换完毕，把面料架恢复到原来状态，并调整支撑板与模框上平面平齐，再锁紧紧固螺钉。

图 11-1 中各部分主要结构功能如下：



- 支撑架：主要用来支撑设备的各部件以及承受砖成型时的压制力。
- 上压头：主要用来对砖体的成型加压，另外还在工作中起脱模作用。
- 底板：主要用于砖体的成型和辅助脱模。
- 送板机构：主要用于托板的传送。
- 布料小车：主要完成将料斗中的料送入模具成型。
- 模具：位于工作台上，选用不同的模具，可生产不同类型的砖体。上升到位时用于砖的脱模。
- 工作台：用于安装模具，为布料小车提供运动轨道，另外在加工过程中，起振动作用。
- 料斗：用来储存物料。
- 物料输送机构：将配好的物料输送到料斗中。
- 出砖机构：将底板上的成型砖送出。
- 控制柜：完成制砖机的控制。
- 液压系统：完成制砖机布料小车和砖体压制系统的驱动。

3. 控制要求

混凝土按不同要求的配比经搅拌后，由皮带输送机提升到砌块成型机的料斗储存区，阀门打开，位于料斗下方的加料小车受料后被送到模箱上，预振动加料，预振动的时间可调，预振动结束后，加料小车退回同时刮去模箱上多余的料，加料小车退回原位，并打开料斗扇形门，料落入料车中待用。压头快速下降，预压 3~5mm，压头上升，面料门打开，给面料车加料，面料车前进给模箱加面料，退回刮去多余的料，压头第二次下降，接触模箱混凝土，模箱压头振动成型至砌块尺寸，压头停，模箱上升进行脱模，模箱上升停，压头上升至起始位置，接近开关动作、压头停。送板电动机启动送一块钢板至模箱下方，同时带出成型的砌块，经清扫把砌块上的毛边落料清扫干净，模箱下降，压在钢底板上，等待下一个循环。自动时工艺流程如图 11-2 所示。

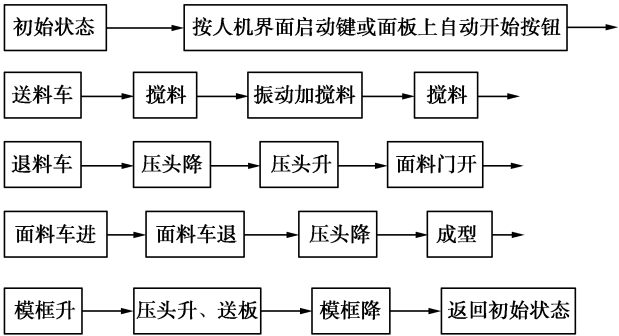


图 11-2 自动时工艺流程

根据生产的要求，整个生产周期可分为上托板、布料、压振、脱模和出砖过程。上托板过程要求托板准确到位，如果托板发生错位，则有报警提醒，并且自动停机，排除故障后，仍按原生产过程继续运行。布料过程中为保证各种原料均匀填充模具，要求两次布料，并且布料过程中要有振动。压振是整个生产过程的关键部分，压力的大小，振动的时间长短，直接影响砖的质量。布料和振动过程的振动时间要求可调。脱模是在压振完成后，由上压头将成型砖从模具中顶出，脱模过程中，必须保证底板和上压头的同步运动，否则，成型砖有可能破碎。最后由送板机构将成型砖送出。在整个周期中，必须严格按先后顺序工作，不同砖之间要有一定的时间控制，以满足动作过程的协调。



4. 工作方式

有两种工作方式：手动、自动。在自动状态时可以设定生产模数。

(1) 手动工作方式

启动油泵后，按压面板上的工序按钮，成型机只完成该工序的动作，到位后会自行或按复位按钮使之停止。手动操作程序各个工序间有严格互锁制约关系，可避免由于手动操作失误而引起的机器损坏，并且按错按钮时人机界面会有相应的提示。制约关系如下：

- 压头须在上方，模框降至下位，送料车才能前进。
- 送料车须在后位，压头才能下降。
- 送料车须在后位，模框才能升。
- 模框上升到位，送板车才能启动。

(2) 自动工作方式

自动工作方式程序采用接近开关作为各工序行程监控和转换信号，要使成型机进入自动工作方式状态。需满足自动工作的运行条件。

自动工作的运行条件：

- 压头在最上方。
- 模框压在底板上。
- 送料车、面料车在后位待料。
- 料门应关闭且料车、面料车要先加能做一模的料。

当状态没有处在初始位置时，人机界面会出现提示且按自动按钮或触摸屏启动键无效，手动调整机台使各装置处于初始状态。按压自动开始按钮或触摸屏启动键，成型机即按设定的工艺流程工作，并且一直循环下去，直到生产出来的模数达到设定模数时才会停止。

11.2 砌块成型机电气设计

按照其技术要求，设计主电路如图 11-3 所示，控制电路如图 11-4 所示，BCD 码输入电路如图 11-5 所示，PLC 输入/输出接线图如图 11-6 所示。

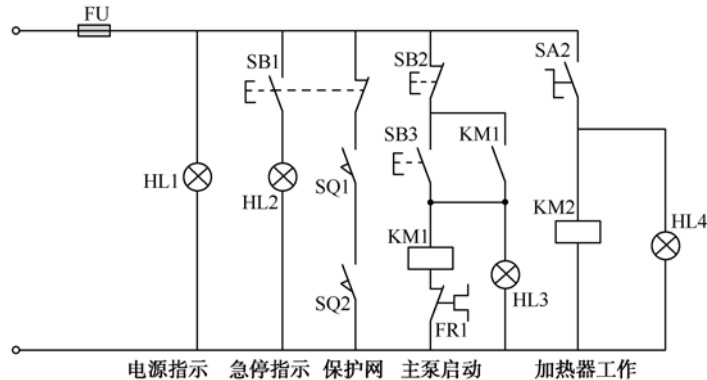
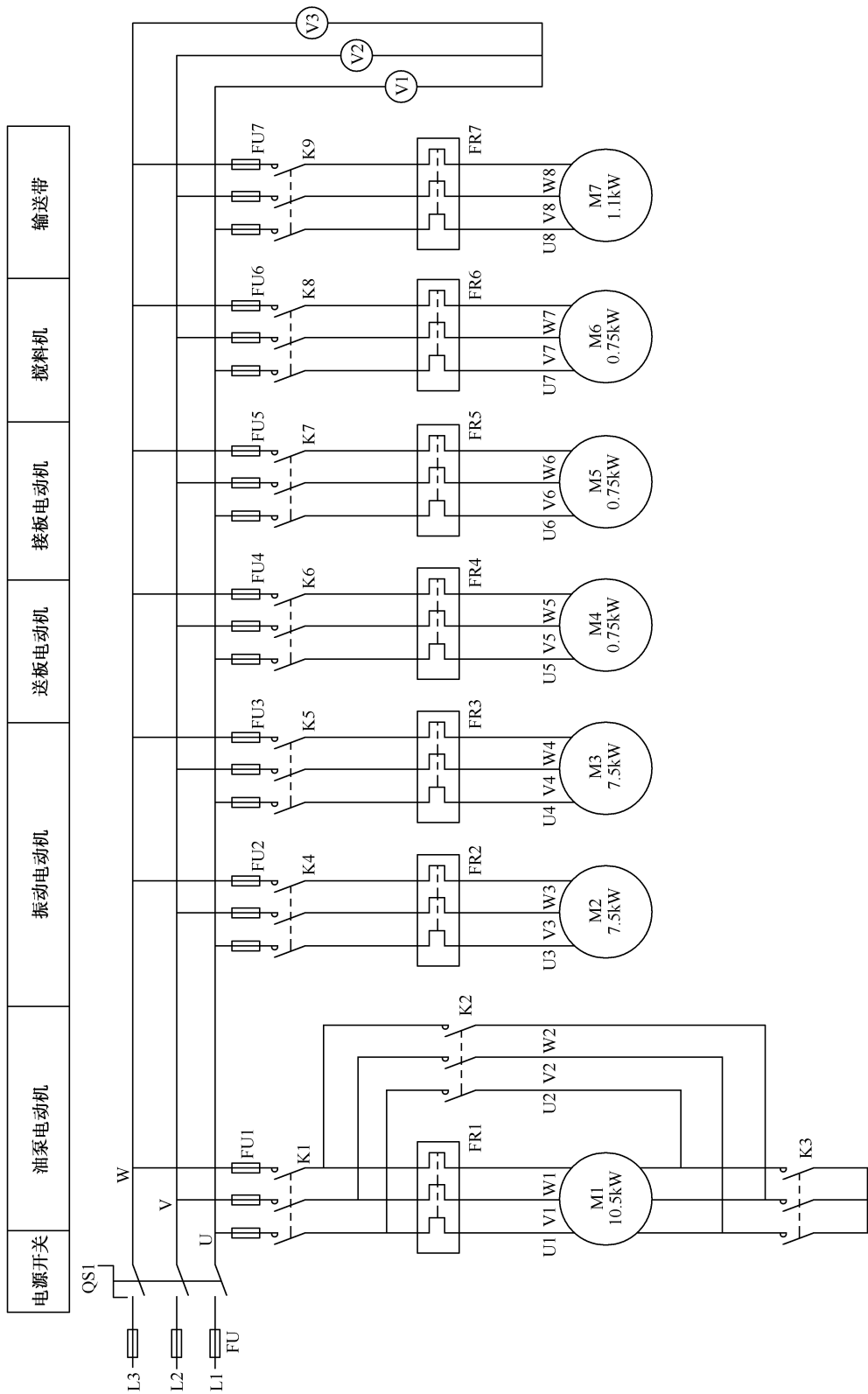


图 11-4 砌块成型机控制电路



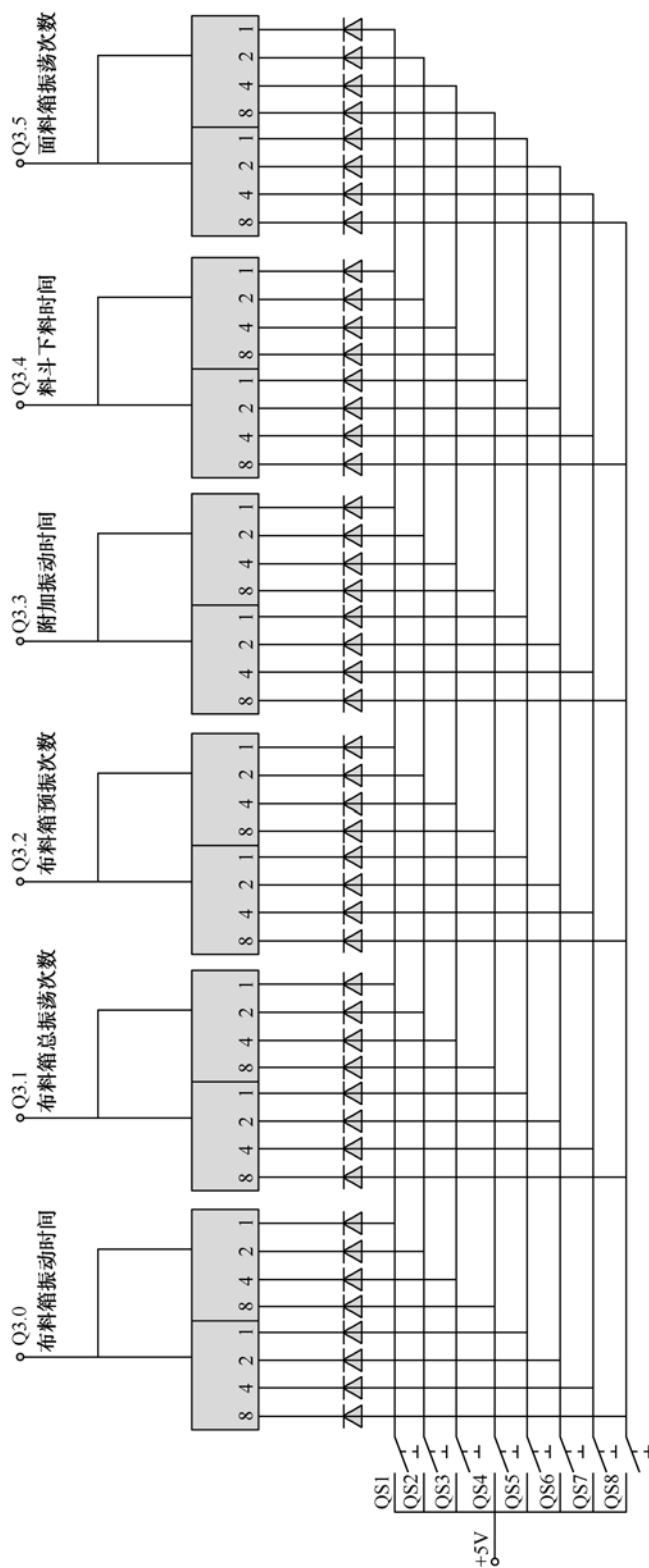


图 11-5 BCD 码输入电路

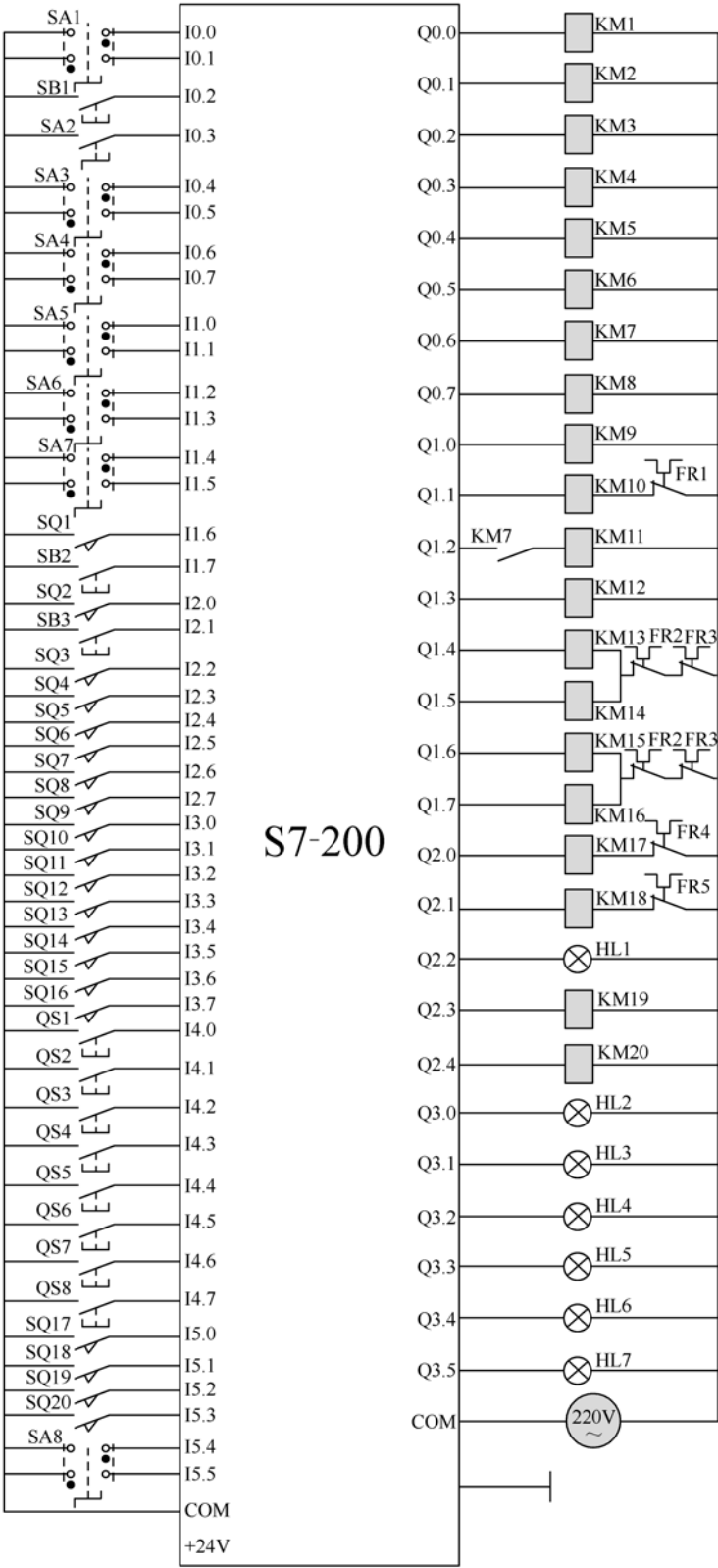


图 11-6 PLC 输入/输出接线图



11.3 I/O 地址分配

砌块成型机的控制采用西门子 S7-200 系列 PLC。CPU 模块采用 CPU226XM。由于输入输出点比较多，所以需采用扩展模块，图 11-7 为扩展模块 I/O 链图。



图 11-7 扩展模块 I/O 链图

1. I/O 地址分配

I/O 地址分配采用手动分配的方式，输入模块地址分配和输出模块地址分配分别见表 11-1 和表 11-2。

表 11-1 输入模块地址分配

输 入 地 址	对应的输入模块
I0.0~I2.7	主机 CPU 模块
I3.0~I4.7	输入模块 1
I5.0~I5.5	输入模块 2

表 11-2 输出模块地址分配

输 出 地 址	对应的输出模块
Q0.0~Q1.7	主机 CPU 模块
Q2.0~Q3.5	输出模块 3

2. 系统资源分配

1) 数字量输入部分

数字量主机 CPU 输入模块输入地址分配表见表 11-3。

表 11-3 数字量主机 CPU 输入模块输入地址分配表

输 入 地 址	对应的输入设备
I0.0	单步选择开关
I0.1	手动选择开关
I0.2	系统自动启动
I0.3	标准块选择
I0.4	压模头上行
I0.5	压模头下行



续表

输 入 地 址	对应的输入设备
I0.6	布料箱前行按钮
I0.7	布料箱后行按钮
I1.0	料斗门开开关
I1.1	料斗门关开关
I1.2	模箱上行开关
I1.3	模箱下行开关
I1.4	供板前进开关
I1.5	供板后退开关
I1.6	预压到位开关
I1.7	振动台手动按钮
I2.0	供板前进到位开关
I2.1	面料门开按钮
I2.2	压头上升到位开关
I2.3	压头下降到位开关
I2.4	料斗门关到位开关
I2.5	布料箱前进到位开关
I2.6	布料箱振动开关
I2.7	布料箱后退到位开关

数字量输入模块 1 输入地址分配表见表 11-4。

表 11-4 数字量输入模块 1 输入地址分配表

输 入 地 址	对应的输入设备
I3.0	模箱上升到位开关
I3.1	模箱下降到位开关
I3.2	模箱中位开关
I3.3	供板后位开关
I3.4	托板箱有板开关
I3.5	料斗到料位开关
I4.0	BCD 码开关 输入两位数， 进行时间式计数
I4.1	
I4.2	
I4.3	
I4.4	
I4.5	
I4.6	
I4.7	

数字量输入模块 2 输入地址分配表见表 11-5。



表 11-5 数字量输入模块 2 输入地址分配表

输 入 地 址	对应的输入设备
I5.0	料门关到位开关
I5.1	面料箱前位开关
I5.2	面料箱中位开关
I5.3	面料箱后位开关
I5.4	面料箱前进按钮
I5.5	面料箱后退按钮

2) 数字量输出部分

数字量主机 CPU 输出模块输出地址分配表见表 11-6。

表 11-6 数字量主机 CPU 输出模块输出地址分配表

输 出 地 址	对应的输出设备
Q0.0	压模头上行阀
Q0.1	压模头下行阀
Q0.2	模箱上行阀
Q0.3	模箱下行阀
Q0.4	布料箱前进阀
Q0.5	布料箱后退阀
Q0.6	供板前进阀
Q0.7	供板后退阀
Q1.1	料门开阀
Q1.2	料斗到位阀
Q1.3	料门关阀
Q1.4	振动台手动
Q1.5	振动台自动
Q1.6	压头下降阀
Q1.7	压头上升阀

数字量输出模块 3 输出地址分配表见表 11-7。

表 11-7 数字量输出模块 3 输出地址分配表

输 出 地 址	对应的输出设备
Q2.0	布料箱前进阀
Q2.2	指示灯
Q2.3	面料箱前进阀
Q2.4	面料箱后退阀
Q3.0	时间/次数设定
Q3.1	
Q3.2	
Q3.3	
Q3.4	
Q3.5	



11.4 S7-200 PLC 程序设计

砌块成型机的主动作程序如图 11-8 和图 11-9 所示。

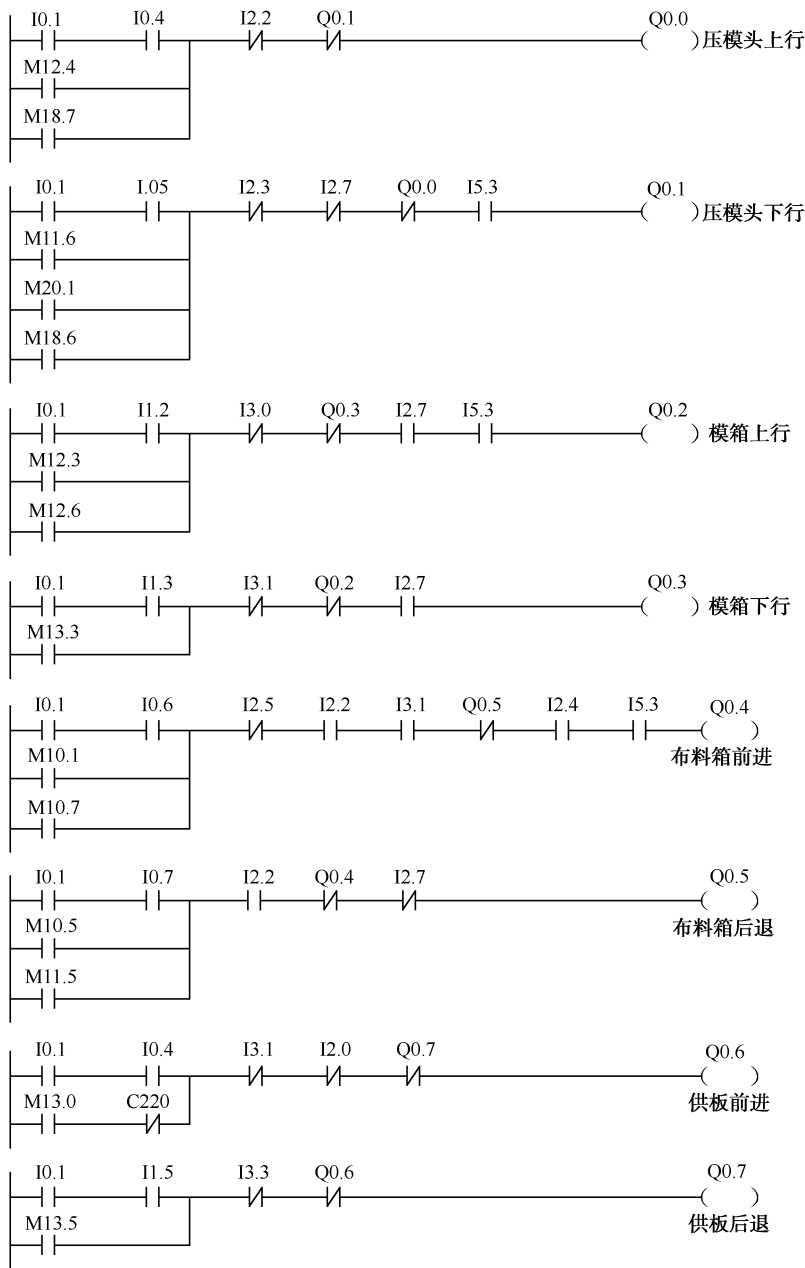


图 11-8 砌块成型机的主动作程序 1

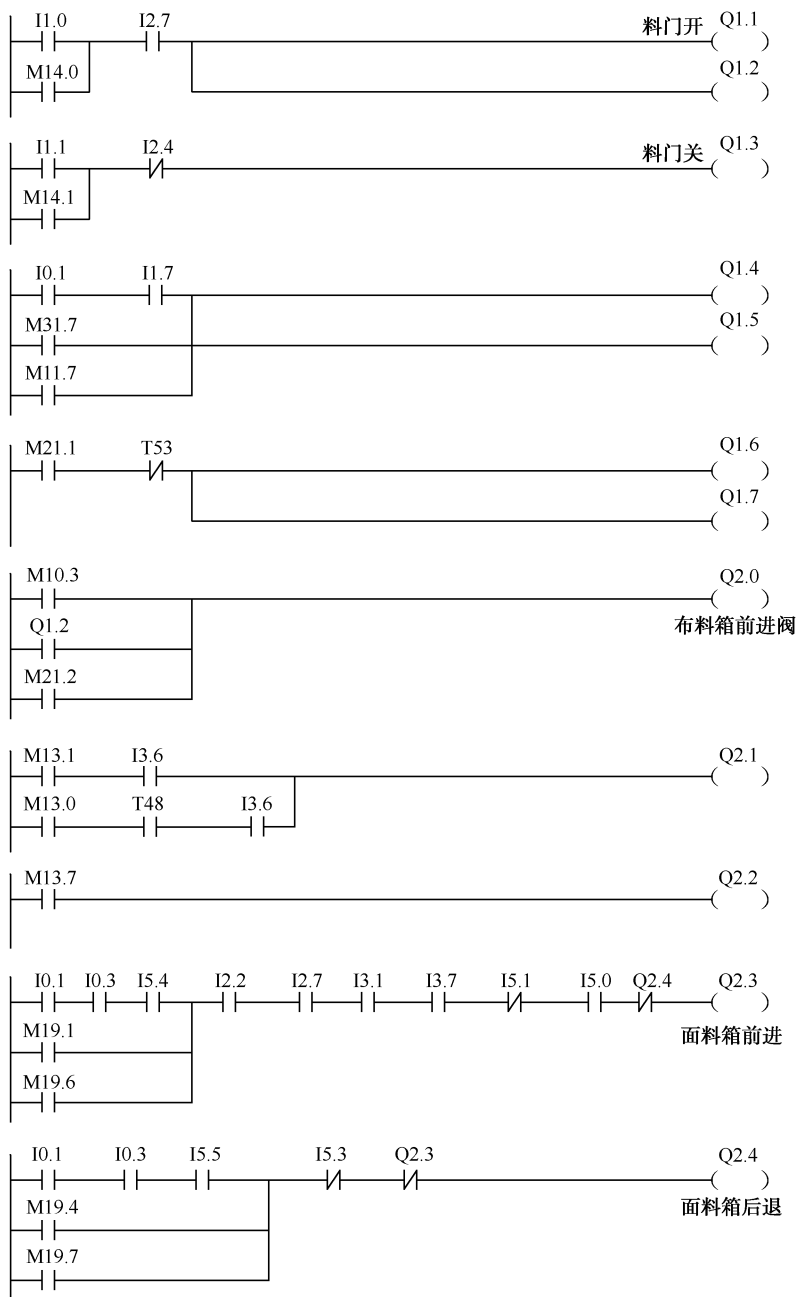


图 11-9 砌块成型机的主动作程序 2

砌块成型机的主要动作程序分为手动控制和自动控制。

在手动控制方式下选择 I0.1=1 时，为手动控制。

按照砌块成型机的动作要求，按布料箱前行按钮时 I0.6=1，当限位要求满足条件时，即压头在上位、模箱处于下位、面料台后位，则 Q0.4=1，布料箱前进。布料箱前进到位后，按布料箱后行按钮 I0.7，I0.7=1，Q0.5=1，布料箱后退。按照其动作要求，当布料箱后退到位后，压模头要开始下行，按压模头下行按钮 I0.5=1，当要求满足后，压模头就开始下行。把



料压成基本型后, 按压模头开始上行按钮 $I0.4=1$, 压模头开始上行。之后, 按照砖的标准设定面料, 再按面料箱前进按钮 $I5.4=1$, 模箱开始前进。模料倒好后, 按模料箱后退按钮 $I5.5=1$, 模箱开始后退。之后, 压头再次下降, 把砖压成型。成型后, 按模箱上行开关 $I1.2$, 模箱上行开始脱模, 之后, 压头上行。再按供板前进开关 $I1.4$, 供板开始前进。送板后, 按模箱下行开关 $I1.3$, 模箱下行。之后, 按供板后退开关 $I1.5$, 供板后退。后退到位后, 料门开, 落料后关闭料门, 等下一次操作。

在自动控制方式下, 按下自动启动按钮 $I0.2$, 中间继电器开始工作, $M10.1$ 得电后, $Q0.4$ 得电, 布料箱前进, 前进到位后, 中间继电器 $M10.5$ 得电, $Q0.5$ 得后电布料箱后退。当料的振动时间结束后, $M11.6$ 置 1, $Q0.1$ 得电, 压模头开始下行, 压料。压料预振时间到达后, $M12.4$ 置 1, $Q0.0$ 得电, 压模头上行。上升到位后, 面料箱开始前进, 送面料。送好后, $M19.4$ 得电, 面料箱后退。之后, 压模头下行。把砖压成型。砖成型后, $M12.3$ 得电, 模箱上行, 开始脱模。接着压头上行。上升到位后, 开始往外送板, 送好后模箱下行, 供板后退到位后, 料门开, 落料。料门关, 等下一次循环操作。

在自动控制方式中, 需满足以下初始状态, 才能运行。

- 压头在最上方。
- 模框压在底板上。
- 送料车、面料车在后位待料。
- 料门应关闭且料车、面料车要先加能做一模的料。

11.5 触摸屏界面介绍

1. F940 触摸屏简介

触摸屏简称 PT, 是新型可编程终端, 是新一代高科技人机界面产品, 适合在恶劣的工业环境中使用, 可代替普通或工控计算机作为人机界面, 是替代传统控制面板和键盘的智能化操作显示器。

(1) F940 触摸屏硬件介绍

1) 前面板: 显示 320×240 点, 字符串 40 个字符 $\times 15$ 行。

2) 后面板: 电源接线端子; 电池; 扩展接口。

3) 端口说明:

9 针接头, 阴性 PLC 端口 (RS-422 端口), 用于与 PLC 的 RS-422 连接, 也用于连接两个或更多 GOT 单元。

9 针接头, 阳性 PC 端口 (RS-232C 端口), 用于以下连接。

- ① 用于传送软件创建的界面数据, 与 PC 连接。
- ② 用于到 PLC 或微型计算机板的 RS-232C 连接。
- ③ 用于连接两个或多个 GOT 单元或用于与条形码阅读器或打印机之间的通信。
- ④ 可使用双端口接口功能。

(2) 触摸屏的启动顺序

1) 进行 GOT 的电源部的配线。



- 2) 用所选产品中的连接电缆来连接 GOT 与可编程控制器。
 - 3) 接通 GOT 的电源，按 GOT 的界面左上角 1s 以上，接通电源，于是便显示出工作环境设定界面。
 - 4) 在动作环境设定界面中，选择使用状态及连接的可编程控制器的型号等。也可在“其他状态下”进行工作环境的设定。
 - 5) 显示用户界面。
 - 6) 显示模式选择界面。界面变为触摸键，按住各模式名，便可选择。
- 启动顺序框图如图 11-10 所示。

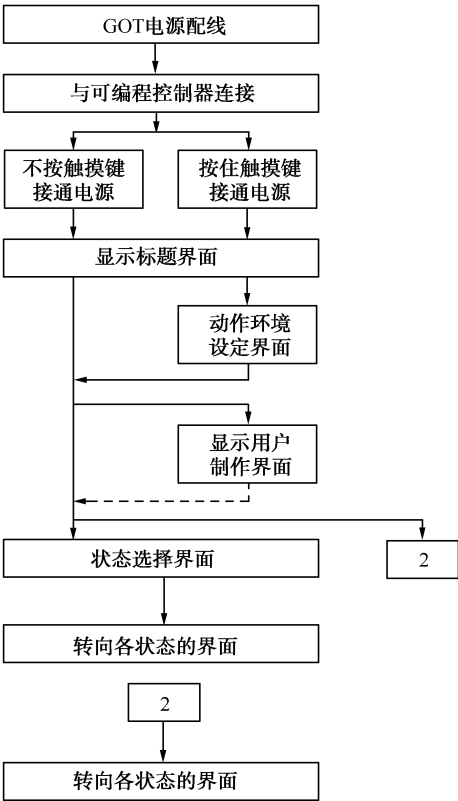


图 11-10 触摸屏启动顺序框图

2. F940 触摸屏编程软件

F940 触摸屏的编程采用 FX-PCS-DU/WIN-E 软件来完成。
FX-PCS-DU/WIN-E 软件的一些功能见表 11-8、表 11-9 和表 11-10。

表 11-8 显示对象列表

对 象 名 称	说 明
文本	显示字母、数字和符号
线	显示连接指定两点的直线
矩形	在界面上显示一个矩形



续表

对 象 名 称	说 明
填充方框	在界面上显示指定颜色填充的矩形
圆	在界面上显示一个圆
填充圆	在界面上显示指定颜色填充的圆
图像	在界面指定位置上显示存储在图像库中的图像
日期	显示年月日和星期
时间	显示时分秒

表 11-9 数据传输对象列表

对 象 名 称	说 明
开关	用触摸键控制 PLC 中位软元件的 ON/OFF 状态
触摸键	允许界面上的指定区域在按下时候起到按键的作用。“触摸键”对象通常和“开关”、“数据设置”等键复合使用
发送数据组合	存储 PLC 中多达 4000 个数据寄存器的数据。如果给出指定输入，则可以从相应的数据寄存器读/写数据
写常数	按下指定触摸键时，设置数据被写入 PLC 中的字软元件
设置数据	允许改变 PLC 中指定的字软元件，按下一个键以后，界面上显示一个十键小键盘，这样就可以改变指定数字
递增	将 PLC 中一个指定字软元件的数据加 1
递减	将 PLC 中一个指定字软元件的数据减 1
键盘	显示一个键盘，专门用于改变界面上的数字
蜂鸣器	根据 PLC 中字元件的 ON/OFF 状态在 GOT 中发出蜂鸣声

表 11-10 界面切换对象列表

对象名称	说 明
切换界面	允许指定界面切换条件、目标等

3. 触摸屏与 S7-200 的连接

当连接 SIMATIC S7-200 系列 PLC 时,RS-232C 端口的通信规格必须用 SIMATIC S7-200 系列的外围设备（STEP7-Micro/WIN）进行设置。

通信设置规格：设置 SIMATIC S7-200 系列 PLC 的波特率、最高地址等。

(1) PLC 的设置

使用 SIMATIC S7-200 系列的编程软件（STEP7-Micro/WIN32）设置见表 11-11。



表 11-11 项目设定值

PLC Address（PLC 地址）	1～31
Highest Address（最高地址）	31
Baud Rate（波特率）	19 200b/s
Retry Count（重试计数）	3
Gap Update Factor（间隙更新因子）	10

(2) 步骤

1) 打开 STEP7-Micro/WIN32 软件。

2) 从工具条的菜单中选择“View>Communications”，将“Remote Address”设置为目标 PLC 站号（默认值为“2”）。

3) 从工具条的菜单中选择“View>System Block”，将“PLC Address”设置为一个在 1～31 范围内的值，“Highest Address”设置为“31”，“BaudRate”设置为“19.2Kb/s”，“Retry Count”设置为“3”，“Gap Update Factor”设置为“10”，单击“OK”按钮。

4) 将程序传送至 PLC。

4. 触摸屏界面介绍

为满足砌块成型机的控制要求，采用触摸屏，以实现实际生产中参数调整、产量统计和常见故障查询等功能。

(1) 触摸屏开启界面

触摸屏启动后，显示如图 11-11 所示界面。

界面上显示日期、时间等信息。当触摸任一界面后，就进入系统的主界面。

(2) 触摸屏主界面

触摸屏主界面如图 11-12 所示，主界面上显示一些功能块的选择，手动操作、自动操作、参数设置、故障查询，按不同的功能块就进入相应的界面显示。



图 11-11 触摸屏开启界面

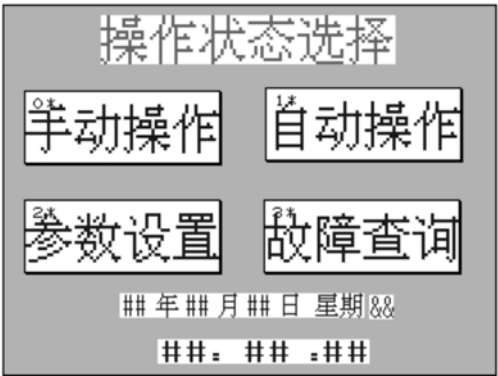


图 11-12 触摸屏主界面



这些功能块的触摸键设置过程如图 11-13 所示，在界面上放置一触摸键，设置好大小、位置，双击触摸键，把功能部件选为切换界面，再连接到需切换到的界面序号 1，填写标签：“手动操作”。



图 11-13 触摸键的设置

(3) 手动操作界面

在主界面上按下“手动操作”按钮，就进入手动界面，如图 11-14 所示。



图 11-14 手动界面

在界面上设置了各个动作的按钮，按相应的按钮，砌块成型机做出相应的动作。如果出现故障，则触摸屏出现声音警报，按“故障查询”键，进入故障查询界面查询故障。按“返回”键则回到主界面。



(4) 自动操作界面

在主界面上按“自动操作”就进入如图 11-15 所示的自动操作界面，界面上设置了“启动”按键，触摸这个键后，砌块成型机开始自动工作，同时界面上显示工作的程序，当开始送板时，界面上的指示器“送板”就变为绿颜色，表示工作到送板这一步。依次类推，各个工作都能做出相应的显示。界面上还有“参数设置”、“故障查询”等键，触摸按键就进入相应的界面。

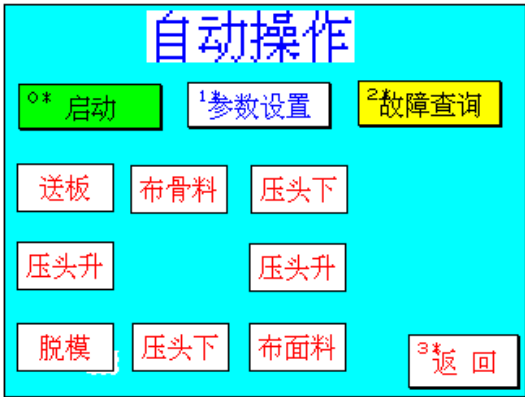


图 11-15 自动操作界面

(5) 参数设置界面

参数设置是触摸屏设计的重要内容，根据系统功能要求，分别设置了相应的时间参数。其中参数设置 1 主要是为了保证系统按生产顺序运行。参数设置 2 是为了便于查询故障点而设置的时间参数。参数设置界面如图 11-16 和图 11-17 所示。

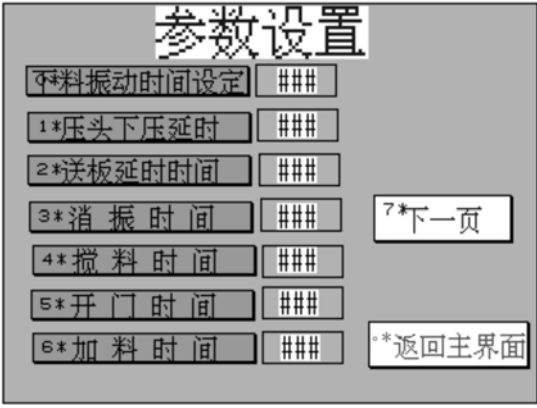


图 11-16 参数设置 1 界面

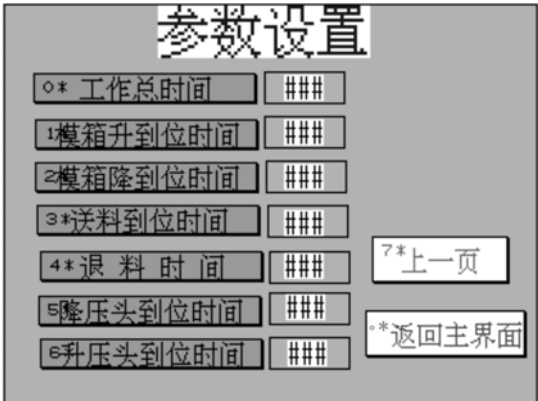


图 11-17 参数设置 2 界面

- ① 下料振动时间设定：根据不同配方或湿度设定不同的下料振动时间，按下料振动时间显示框，出现数字键盘，输入数字后确认结束。
- ② 压头下压延时振动：在自动状态时压头下压到一定位置时模框开始振动，这可以用时间来控制。按参数设定键进入参数设定界面，按压头下压时间显示框输入数字后确认结束。
- ③ 送板延时时间：送板电动机启动后，延时一段时间送板行程开关才有效，在自动生



产时送板电动机走完这段时间后模框开始下降，不必等到送板到位后。

④ 消振时间设定：产品成型后，延时一段时间消除振动电动机余振，保证砖的强度不被破坏。按“参数设定”键进入参数设定界面，按消振时间显示框弹出数字键盘，输入数字后按“ENT”键确认结束。

⑤ 搅料时间设定：进入延时设定界面，按搅料时间显示框，输入数字后按“ENT”键确认结束。

⑥ 开门时间设定：进入延时设定界面，按开门时间显示框，弹出数字键盘，输入数字后按“ENT”键确认结束。

⑦ 加料时间设定：进入延时设定界面，按加料时间显示框，弹出数字键盘，输入数字后按“ENT”键结束。

(6) 故障查询界面

为便于系统出现故障时查找故障点，根据系统最容易出现故障的点设置了该界面。当系统的某一部位出现故障时，一方面在主界面上给出故障报警；另一方面可以通过故障查询界面查询到具体的故障点。故障查询界面如图 11-18 所示。



图 11-18 故障查询界面

第 12 章 三菱 CC-Link 现场总线在 生产线上的应用

12.1 涂装生产线的工艺流程

1. 涂装生产线的工艺流程

电泳涂装生产线的发展经历了由手工到自动生产线的过程。涂装工艺可以简单归结为：前处理→前处理磷化→电泳控制→烘干。每个站的设备都是相互独立的，可随意开启任何一个站的设备。电泳控制作为 PLC 的主站，在整条生产线中占有主导地位。

2. 被控对象介绍

前处理设备包括热水洗、预脱脂、脱脂、水洗 1、水洗 2、送风 1、送风 2、排风 1、排风 2 等工序的设备。

1) 预脱脂设备采用喷淋的方式对工件进行冲洗，主要由槽体、室体、油水分离装置、喷淋系统、排风系统、过滤系统、加热系统、供水管路等组成。

2) 脱脂设备采用喷淋的方式对工件进行冲洗，主要由槽体、棚体、油水分离装置、喷淋系统、排风系统、过滤系统、加热系统、供水管路、补液系统等组成。

3) 水洗、表调喷淋设备采用喷淋的方式对工件进行冲洗，主要由槽体、室体、喷淋系统、过滤系统等组成。

4) 磷化喷淋设备采用喷淋的方式对工件进行冲洗。

5) 水分烘干。水分烘干室由室体及底座、室内风管、热风循环加热装置、电控系统等部分组成。

6) 喷漆、晾干室。

7) 油漆烘干室的组成包括室体及底座、室内风管、热风循环加热装置、电控系统等部分。

8) 强冷室主要由室体、室内风管（装有可调喷嘴）、送/排风系统、平台等部件组成。

9) 普通悬挂输送链为连续式输送机，传动速度可调，主要由驱动部分、链条部分、张紧部分、吊具及轨道部分组成。

12.2 控制系统总体设计

涂装车间电控系统首先满足车间工艺要求，结合目前国际、国内自动化水平和同类行业的实际情况，选择应用成熟、技术先进、功能实用的控制方式及控制设备。要求电控系统要保证人员和设备的安全、运行可靠、维修方便、便于扩展。电控总体要求如下：



1) 可以手动启动/停止全线各台泵、风机等。在主站处于自动时可自动启动/停止全线设备,并显示各泵、风机的动态界面、故障信号等。

2) 人机界面显示各从站模拟量模块的各点温度。

3) 设置人机界面主界面(工艺流程图)显示工艺流程图,在流程图上单击主/从站控制部位,可进入对应的主/从站界面。

4) 主站(电泳控制 PLC)设手动与自动两种控制方式,手动时按控制柜面上的按钮,主站的人机界面上可以启动/停止各泵、风机等。自动时按柜面上的自动启动/停止按钮,主站人机界面上的全线启动/停止可自动控制(按时间顺序)启动/停止本站上的控制对象。

5) 接收到轴封泵运行信号才可启动循环泵。电泳循环泵 2 号为备用泵,1 号泵损坏时才可手动启动/停止 2 号泵。

6) 非正常供电时只可停电泳循环泵 1 或 2,送排风机。

7) 循环风机启动后才可启动对应的燃烧机,停机时先停燃烧机,延时 5min 后再停对应的循环风机。

8) 输液泵、酸洗泵为手动控制。热水泵启动后受磷化超温(由模拟量模块提供)控制,超温时(约 40℃)停热水泵,低于温度时启动热水泵。

9) 3 号从站(电泳前处理控制 PLC)设手动与自动两种控制方式,手动时按控制柜面上的按钮,主站的人机界面上启动/停止各泵、风机等。自动时按柜面上的自动启动/停止按钮。主站人机界面上的全线启动/停止可自动控制(按时间顺序)启动/停止本站上的控制对象。

1. 控制系统选型

根据生产线的实际控制要求,采用触摸屏控制与手动控制并用的控制方式。系统有输入 48 点,输出 27 点。PLC 选用三菱 Q 系列,CPU 型号为 Q01CPU,基板型号为 Q312B,电源模块为 Q38B,扩展基板六槽,输入模块为 QX80,输出模块为 QY10。为了以后扩展使用,留有部分余量,输入模块用了四块,输出模块用了两块。触摸屏选用日本 MITSUBISHI 公司 GT1000 系列的 GT1175 触摸屏。

GT1175 触摸屏具有以下特点:

- 装备了标准 3MB 的用户内存。
- 装备了 CF 卡的接口(仅 GT1175、GT1165)。
- 最大 115.2Kb/s 的高速通信,实现了高速显示和高速的触摸开关响应。
- 实现了多语言显示功能,由于采用了 TrueType 字体,字体质量较高。
- 配备有 256 色显示和单色显示的机型,实现了 16 阶灰度单色显示。
- 可与 A、QnA、Q、FX 系列 PLC 直接连接,可以通过连接在 GOT 上的个人计算机进行顺控程序的传送、监视(透明功能)。
- GOT 的背面配置了 USB 连接器,通过使用 FA 机器设置工具可以更有效地启动系统。

2. 控制方式

生产线有手动、半自动、全自动操作三种工作方式。

手动操作时将旋钮旋到手动操作位置,通过现场按钮站可以独立启动/停止各设备。这种方式可以任意启动/停止每一台设备,控制灵活多变。但是由于生产线的设备多,启动/停止需要时间较长。



在自动时将工作方式按钮选择到单工位操作挡位，在操纵台上对生产线每单台设备进行启动/停止控制。分别按下“前处理”、“磷化”、“电泳”、“烘干”设备的启动和停止按钮，系统将按照 PLC 编好的程序自动分别开启各套设备。半自动操作状态是在生产线需要开启部分设备时所选择的工作方式，可任意开启一台设备。其设备的工作顺序和手动按照要求开启的工艺流程相同，温度及浓度等检测探头由相应的仪表自动完成控制功能。按下操纵台上对应设备的“停止”按钮，对应的设备将按 PLC 编好的程序自动停止。

在自动时将工作方式选择按钮打到全线联动方式，在操纵台上对生产线全线进行启动/停止控制。直接按下“全线联动启动”按钮，将按照“前处理”、“磷化”、“电泳”、“烘干”设备的顺序分别开启各套设备。按下操纵台上对应的“全线联动停止”按钮，对应的设备将按 PLC 编置好的程序自动停止。

3. CC-Link 系统

CC-Link 现场总线是日本三菱电动机公司主推的一种基于 PLC 系统的现场总线，融合了控制与信息处理的 CC-Link 是一种省配线、信息化的网络，它不但具有高实时性、分散控制、与智能设备通信、RAS 功能，而且依靠与诸多现场设备制造厂商的紧密联系，提供开放式的环境。Q 系列 PLC 的 CC-Link 模块 QJ61BT11 在保持 A/QnA 系列特长的同时，还采用了远程设备站初始设定等方便的功能。

FX-PLC 通过与接口部分 FX2N-32CCL 接口模块的连接，在 CC-Link 系统中充当一个远程设备站，一次可同时使用 1~4 个 FX2N-32CCL 单元，可以非常容易地高速发送和接收由模块处理的输入/输出和数字数据的开/关数据，形成一个简单的分散系统。本工程配置 CC-Link 网络如图 12-1 所示。

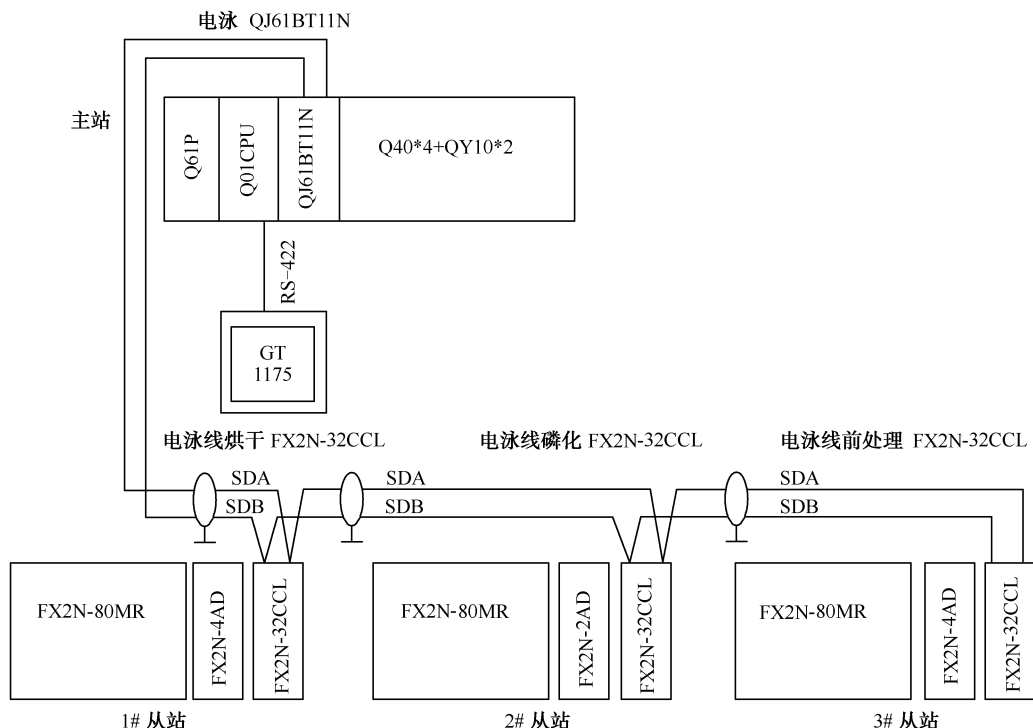


图 12-1 CC-Link 网络配置图



(1) 主站 QJ61BT11 的功能

QJ61BT11 是 CC-Link 网络通信系统主/本地模块，QJ61BT11 的功能主要有基本功能、改善系统可靠性功能、方便功能和瞬时传送功能，详细功能见表 12-1。

在和远程设备站通信的时候，和远程设备站交换的信号（初始数据请求标志，出错复位请求标志等）通过使用远程输入 RX 和远程输出 RY 进行通信。数字数据（平均处理规格，数字输出值等）使用远程寄存器 RW_r 和 RW_w 进行通信。

表 12-1 QJ61BT11 的功能

改善系统可靠性的功能		
项 目	说 明	
从站切断功能	断开因断电而不能继续数据链接的模块，只在正常模块之间继续进行数据链接	
自动恢复功能	当因断电而切断数据链接的模块恢复到正常状态时，该模块自动参加数据链接	
主站 PLC CPU 出错时数据链接状态设定	如果主站 PLC CPU 发生了能够继续运行的错误时，设定数据链接状态	
设定来自数据链接出错站的输入数据状态	设定因断电而发生数据链接错误站的输入（接收）数据的状态（清除/保持）	
备用主站功能	如果主站出现问题，则切换到备用主站继续数据链接	
方 便 功 能		
远程设备站初始化过程注册功能	用 GPPW 执行远程设备站的初始设定	
自动 CC-Link 启动	接通电源就自动开始 CC-Link	
远程网络模式	和所有站（远程站、本地站、智能设备站和备用主站）进行通信	
远程 I/O 网络模式	在只包含主站和远程 I/O 站的系统中缩短链接扫描时间	
扫描同步功能	同步模式	通过与顺序扫描的同步执行链接扫描
	异步模式	执行与顺序扫描不同步的链接扫描
数据链接停止/重新启动	停止或重新启动正在执行的数据链接	
站号重叠检查功能	检查占用的站号是否重叠或者系统中是否把多于一个模块的站号设定为 0	
瞬时传送功能		
瞬时传送功能	指定对方并在任意时刻通信	

数据链接启动：PLC 系统电源接通时，PLC CPU 中的网络参数传送到主站，CC-Link 系统自动启动。

远程输入：远程设备站的远程输入 RX 自动储存（每次链接扫描时）到主站的“远程输入 RX”缓冲存储器中。储存在“远程输入 RX”缓冲存储器中的输入状态储存到用自动刷新参数设置的 CPU 软元件中。

远程输出：用自动刷新参数设置的 CPU 软元件开/关数据存储到“远程输出 RY”缓冲存储器中。根据“远程输出 RY”缓冲存储器中存储的输出状态，远程输出 RY 自动设定为开/关（每次链接扫描的时候）。



(2) 主站网络参数设置

按以下步骤设置自动刷新参数。

- 1) 将远程输入 (RX) 的刷新软元件设置为 X500。
- 2) 将远程输出 (RY) 的刷新软元件设置为 Y500。
- 3) 将远程寄存器 (RW_r) 的刷新软元件设置为 D500。
- 4) 将远程寄存器 (RW_w) 的刷新软元件设置为 D300。
- 5) 将特殊继电器 (SB) 的刷新软元件设置为 SB0。
- 6) 将特殊寄存器 (SW) 的刷新软元件设置为 SW0。

通过 GX 软件设置主站的自动刷新参数, 界面如图 12-2 所示。

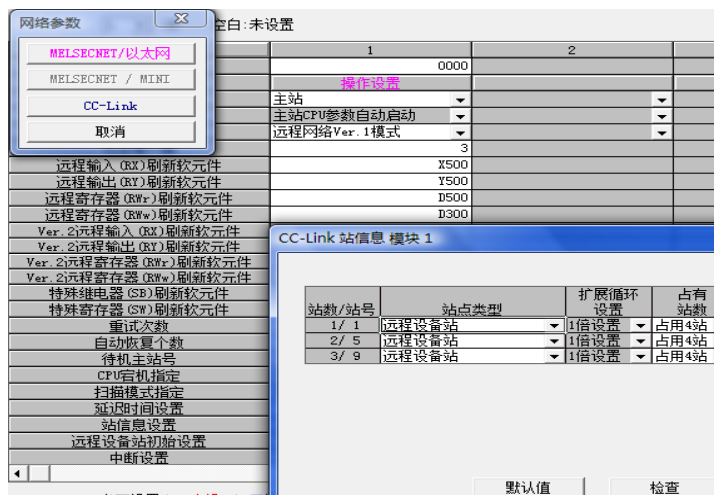


图 12-2 CC-Link 网络参数设置

(3) CC-Link 通信程序

1 号从站 CC-Link 通信程序如图 12-3 所示。

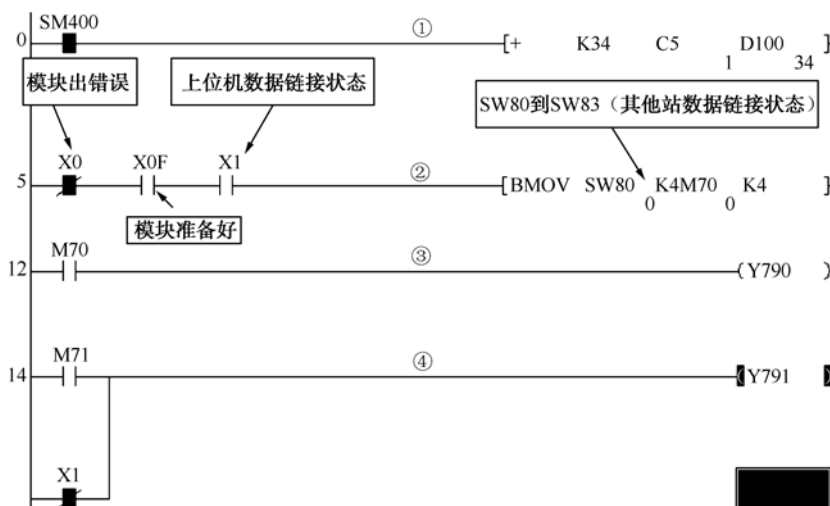


图 12-3 CC-Link 通信程序



1) SW0080~SW0083 是指特殊寄存器,用于表示其他站的数据连接状态。0: 正常状态; 1: 暂时出错无效状态。表 12-2 中的 1~64 指站号。

表 12-2 特殊寄存器

	b15	b14	b13	b12	to	b3	b2	b1	b0
SW0080	16	15	14	13	to	4	3	2	1
SW0081	32	31	30	29	to	20	19	18	17
SW0082	48	47	46	45	to	36	35	34	33
SW0083	64	63	62	61	to	52	51	50	49

将从 SW0080 起的 4 点 16 位数据一一对应地传送到以 K4M70 开始的连续 4 点 16 位继电器中去。检测数据链接状态以及远程设备站实行互锁的程序。

- 2) M70 是出错处理程序, 1 号站电泳线烘干出现异常。
- 3) 表 12-3 是 I/O 信号的一览表, 表中的“n”是指主站模块的第一个 I/O 地址, 这是由安装位置和安装在主站模块前面的模块决定的。

表 12-3 I/O 信号一览表

信号方向: PLC CPU←主站模块		
输入地址	信号名称	当 n=0 时, 代表主站
Xn0	模块出错	
Xn1	上位机数据链接状态	
Xn3	其他站数据链接状态	
XnF	模块准备好	

(4) 从站 FX2N-32CCL 的设置

FX2N-32CCL 中, 远程点数由站数 1~4 决定。每站有 32 个远程输入点和 32 个远程输出点, 最终站的高 16 点作为系统区由 CC-Link 系统专用。

站号、站数和传输速度的设置可以通过 FX2N-32CCL 端盖内部的旋转按钮设置完成。当 FX-PLC 通上电后, 旋转按钮的设置才有效。

- 1) 站号设定开关: 设置模块的站号。
- 2) 站号可以在 1~64 之间设置, 如果设置为“65”或者更大的数值, “SW”和“L EER.” LED 指示灯就会变亮。
- 3) 站数: 数字 0~3 分别表示站数 1~4。
- 4) 模式设定开关: 0 (在线)。
- 5) 传输速度设定: 2 (传输速率 2.5Mb/s), 传输距离: 200m。最大的传输距离和各站间的距离取决于选择的传输速度。
- 6) 条件设定开关: 设置运行条件 (出厂默认设定为全 OFF; SW4: 清除)。
- 7) 连接 CC-Link 专用电缆来实现数据链接, 不允许星形连接。
- 8) 可以从任意站号连接 CC-Link 电缆。
- 9) 将供应的“终端电阻”连接到 CC-Link 系统两端的每个模块上 (将终端电阻连接在“DA”和“DB”之间)。
- 10) 要连接的终端电阻根据 CC-Link 系统中采用的电缆型号不同而不同。



4. 输入/输出触点分配

PLC 输入/输出触点分配见表 12-4。

表 12-4 PLC 输入/输出触点分配表

X22	自动启动	X53	冷水机组运行信号
X23	自动停止	X54	纯水机组故障信号
X24	系统手动/自动	X55	纯水机组运行信号
X25	急停	X56	超滤系统故障信号
X26	送风机启动	X57	超滤系统运行信号
X27	送风机停止	X58	极液系统故障信号
X28	排风机启动	X59	极液系统运行信号
X29	排风机停止	X5A	输送机故障信号
X2A	电泳循环泵 1 启动	X5B	输送机运行信号
X2B	电泳循环泵 1 停止	X515	烘干
X2C	电泳循环泵 2 启动	X524	电泳入口循环风机运行
X2D	电泳循环泵 2 停止	X526	保温循环风机运行
X2E	UF1 喷淋泵启动	X528	出口循环风机运行
X2F	UF1 喷淋泵停止	X529	废气排风机运行
X30	UF2 喷淋泵启动	X52A	强冷送风机运行
X31	UF2 喷淋泵停止	X52B	强冷排风机运行
X32	纯水喷淋泵启动	X52C	入口燃烧机运行
X33	纯水喷淋泵停止	X52D	保温燃烧机运行
X34	生产/不生产	X52E	出口燃烧机运行
X35	电泳转移	X595	磷化
X36	送风机故障	X5A3	磷化循环泵运行
X37	排风机故障	X5A5	磷化输浓液泵运行
X38	电泳循环泵 1 故障	X5A7	磷化酸洗泵运行
X39	电泳循环泵 2 故障	X5A8	磷化热水泵运行
X3A	UF1 喷淋泵故障	X5A9	水喷洗泵运行
X3B	UF2 喷淋泵故障	X5AA	水浸洗泵运行
X3C	纯水喷淋泵故障	X5AB	纯水泵运行
X3D	市电停信号	X615	前处理
X3E	电泳槽超温	X62A	热水洗泵运行
X3F		X62B	预脱脂泵运行
X40	UF1 喷淋信号	X62C	脱脂泵运行
X41	纯水喷淋信号	X62E	水洗 1 泵运行
X42	轴封泵运行信号	X62F	水洗 2 泵运行
X43	电泳槽底液位	X630	表调泵运行
X44	电泳槽高液位	X631	送风机 1 运行
X50	整流电源故障信号	X632	送风机 2 运行
X51	整流电源运行信号	X633	排风机 1 运行
X52	冷水机组工作信号	X634	排风机 2 运行



续表

Y54		Y6E	电泳循环泵 2△
Y61	故障灯（红）	Y6F	电泳循环泵 2 Y
Y62	系统待机（黄）	Y70	UF1 喷淋泵运行
Y63	系统运行（绿）	Y71	UF2 喷淋泵运行
Y64	故障声（黑）	Y72	纯水喷淋泵运行
Y65	自动运行灯	Y73	非正常供电
Y66	电泳槽超温灯	Y74	UF 喷淋泵工作
Y67	电泳槽底液位灯	Y75	纯水喷淋阀工作
Y68	送风机运行	Y76	整流柜启动/停止
Y69	排风机运行	Y77	冷水机组启动/停止
Y6A	电泳循环泵 1 运行	Y78	纯水系统启动/停止
Y6B	电泳循环泵 1△	Y79	超滤系统启动/停止
Y6C	电泳循环泵 1 Y	Y7A	极液系统启动/停止
Y6D	电泳循环泵 2 运行		

12.3 PLC 程序设计

1. 急停程序

如图 12-4 所示，按下按钮 X25、X501、X581 或者 X601，均可使 M0 线圈得电，同时电泳磷化的急停线圈 Y581、前处理的急停线圈 Y601 和电泳烘干的急停线圈 Y501 也得电，使系统急停下来。

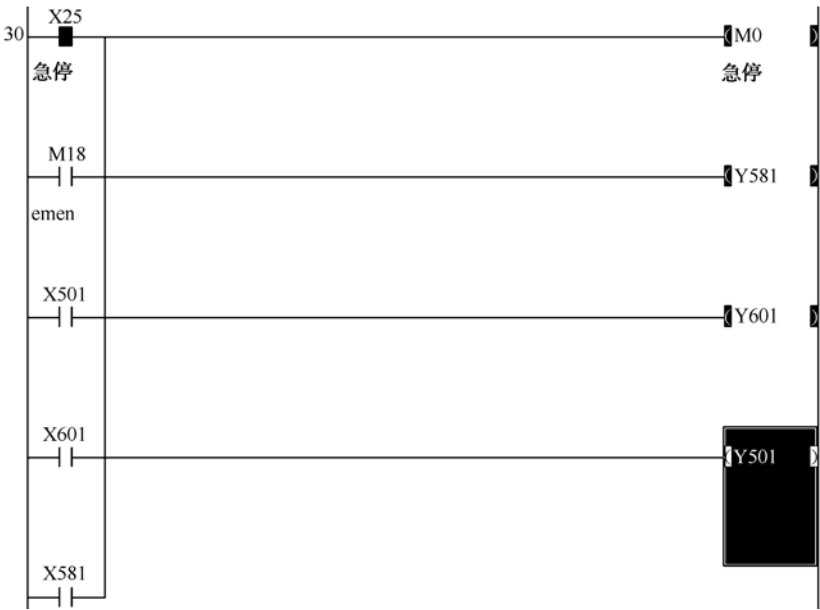


图 12-4 急停程序

例如，按下电泳烘干的急停按钮，从站的 M401 接收到信号并将信号传输给主站的 X501，当主站接收到信号时，主站 Y501 发出命令，从站接点 M601 接收到信号使整个系统停止。



具体主从站接点对应关系见表 12-5。

表 12-5 主从站接点对应关系

电 泳 烘 干							
从站 主站				主站发出命令 从站接点			
X4 手动/自动	→	M400	→	X500	全线联动	→	Y500 → M600
X5 急停		M401		X501	系统急停		Y501 M601
M3 自动运行		M402		X502	系统复位		Y502 M602
M4 自动停止		M403		X503	烘干自动启动		Y503 M603
入口循环风机故障	X30	M404		X504	烘干自动停止		Y504 M604
保温循环风机故障	X31	M405		X505	入口风机启动 X6		Y505 M605
出口循环风机故障	X32	M406		X506	入口风机停止 X7		Y506 M606
废气排风机故障	X33	M407		X507	入口燃烧机启动 X10		Y507 M607
强冷送风机故障	X34	M408		X508	入口燃烧机停止 X11		Y508 M608
强冷排风机故障	X35	M409		X509	保温风机启动 X12		Y509 M609
入口燃烧机故障	X36	M410		X50A	保温风机停止 X13		Y50A M610
保温燃烧机故障	X40	M411		X50B	保温燃烧机启动 X14		Y50B M611
出口燃烧机故障	X42	M412		X50C	保温燃烧机停止 X15		Y50C M612
预脱脂泵温度上限		M413		X50D	出口热风机启动 X16		Y50D M613
预脱脂泵温度下限		M414		X50E	出口热风机停止 X17		Y50E M614
热水槽上限		M415		X50F	出口燃烧机启动 X20		Y50F M615
热水槽下限		M416		X510	出口燃烧机停止 X21		Y510 M616
脱脂槽上限		M417		X511	废排机启 X22		Y511 M617
脱脂槽下限		M418		X512	废排机停止 X23		Y512 M618
		M419		X513	强冷机启动 X24		Y513 M619
Y0		M420		X514	强冷机停止 X25		Y514 M620
Y1（红）		M421		X515	强排机启动 X26		Y515 M621
Y2（黄）		M422		X516	强排机停止 X27		Y516 M622
Y3（绿）		M423		X517			Y517 M623
Y4（故障声）		M424		X518	温度参数确定		Y518 M624
Y5（自动运行灯）		M425		X519			Y519 M625
电 泳 磷 化							
X4 手动/自动	→	M500	→	X580	全线联动	→	Y580 → M1000
X5 急停		M501		X581	统急停		Y581 M1001
M3 自动运行		M502		X582	系统复位		Y582 M1002
M4 自动停止		M503		X583	磷化自动启动		Y583 M1003
磷化循环泵故障	X30	M504		X584	磷化自动停止		Y584 M1004
磷化输液泵故障	X31	M505		X585	磷化循环泵启动 X6		Y585 M1005
磷化酸洗泵故障	X32	M506		X586	磷化循环泵停止 X7		Y586 M1006
磷化热水泵故障	X33	M507		X587	磷化输液泵启动 X10		Y587 M1007
水喷洗泵故障	X34	M508		X588	磷化输液泵停止		Y588 M1008
水浸洗泵故障	X35	M509		X589	磷化酸洗泵启动		Y589 M1009
纯水泵故障	X36	M510		X58A	磷化酸洗泵停止		Y58A M1010
纯水喷淋信号	X37	M511		X58B	磷化热水泵启动		Y58B M1011



续表

电 泳 磷 化					
磷化槽温上限	M512	X58C	磷化热水泵停	Y58C	M1012
磷化槽温下限	M513	X58D	水喷洗泵启动	Y58D	M1013
热水槽上限	M514	X58E	水喷洗泵停止	Y58E	M1014
热水槽下限	M515	X58F	水浸洗泵启动	Y58F	M1015
	M516	X590	水浸洗泵停止	Y590	M1016
	M517	X591	纯水泵启动	Y591	M1017
	M518	X592	纯水泵停止	Y592	M1018
	M519	X593	全部联动 stop	Y593	M1019
Y0（允许通电）	M520	X594	温度参数确定	Y594	M1020
Y1 系统故障	M521	X595		Y595	M1021
Y2 系统待机灯	M522	X596		Y596	M1022
Y3 系统待机灯	M523	X597		Y597	M1023
Y4 系统故障声	M524	X598		Y598	M1024
Y5 自动运行灯	M525	X599		Y599	M1025
前 处 理					
X4 手动/自动	→	M400	→	X600	全线联动 → Y600 → M600
X5 急停		M401		X601	系统急停 Y601 M601
M3 自动运行		M402		X602	系统复位 Y602 M602
M4 自动停止		M403		X603	前处理启动 Y603 M603
热水泵故障 X32		M404		X604	前处理停止 Y604 M604
预脱脂泵故障 X33		M405		X605	热水泵启动 X6 Y605 M605
脱脂泵故障 X34		M406		X606	热水泵停止 X7 Y606 M606
水洗 1 泵故障 X35		M407		X607	预脱脂泵启动 X10 Y607 M607
水洗 2 泵故障 X36		M408		X608	预脱脂泵停止 X11 Y608 M608
表调泵故障 X37		M409		X609	脱脂泵启动 X12 Y609 M609
送风机 1 故障 X40		M410		X60A	脱脂泵停止 X13 Y60A M610
送风机 2 故障 X41		M411		X60B	水洗 1 泵启动 X14 Y60B M611
排风机 1 故障 X42		M412		X60C	水洗 1 泵停止 X15 Y60C M612
排风机 2 故障 X43		M413		X60D	水洗 2 泵启动 X16 Y60D M613
入口区温度下限		M414		X60E	水洗 2 泵停止 X17 Y60E M614
入口区温度上限		M415		X60F	表调泵启动 X20 Y60F M615
保温区温度下限		M416		X610	表调泵停止 X21 Y610 M616
保温区温度上限		M417		X611	送风机 1 启动 X22 Y611 M617
出口区温度下限		M418		X612	送风机 1 停止 X23 Y612 M618
出口区温度上限		M419		X613	送风机 2 启动 X24 Y613 M619
Y0（灯）		M420		X614	送风机 2 停止 X25 Y614 M620
Y1 系统故障（灯）		M421		X615	排风机 1 启动 X26 Y615 M621
Y2 系统待机灯		M422		X616	排风机 1 停止 X27 Y616 M622
Y3 系统运行灯		M423		X617	排风机 2 启动 X30 Y617 M623
Y4 系统故障（声）		M424		X618	排风机 2 停止 X31 Y618 M624
Y5 自动运行灯		M425		X619	温度参数确定 Y619 M625



2. 电泳循环泵 1 运行程序

如图 12-5 所示，控制过程为：只有接收到轴封泵运行信号时才可启动循环泵。按下启动按钮 X2A，线圈 Y6A、Y6C 和时间继电器 T20 同时得电，电泳循环泵 1 • Y 形连接启动，T20 时间继电器延时 10s，断开电泳循环泵 1 • Y 形连接启动，并接通电泳循环泵 1 • Δ 形连接运行。

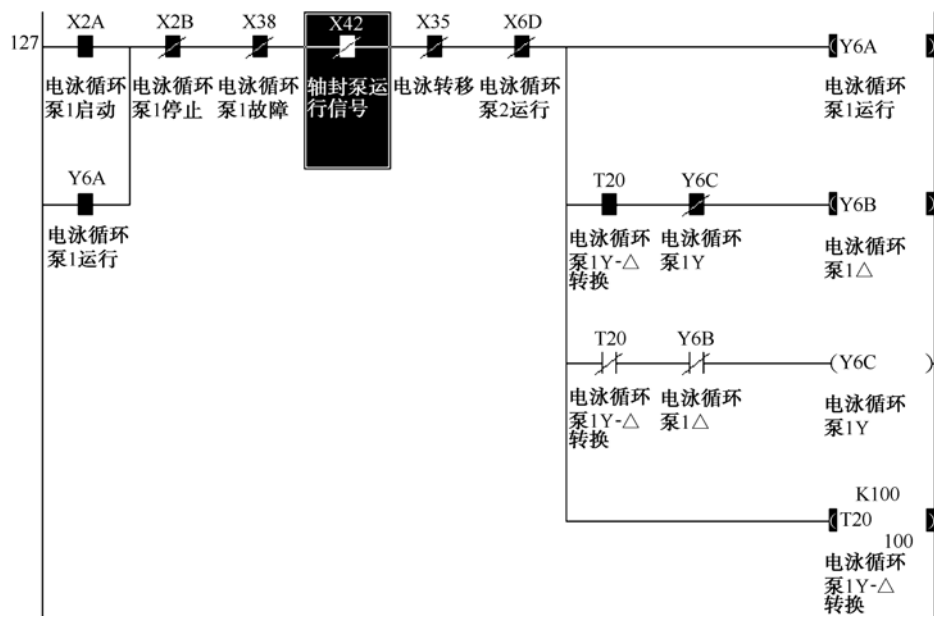


图 12-5 电泳循环泵运行程序

电泳循环泵 2 为备用泵，1 号泵损坏时才可使用 2 号泵。非正常供电时，只能启动/停止电泳循环泵 1 或 2，送风机。

限于篇幅，其他程序可参考附录。

第 13 章 FX2N PLC 和台达触摸屏在污水处理控制系统中的应用

13.1 污水处理工艺流程

按处理程度划分，现代污水处理技术可分为一级、二级和三级处理。

一级处理主要去除污水中呈悬浮状态的固体污染物质，物理处理法大部分只能完成一级处理的要求。经过一级处理的污水，BOD 一般可去除 30% 左右，达不到排放标准。一级处理属于二级处理的预处理。

二级处理主要去除污水中呈胶体和溶解状态的有机污染物质（BOD，COD 物质），去除率可达 90% 以上，使有机污染物达到排放标准。

三级处理进一步处理难降解的有机物、氮和磷等能够导致水体富营养化的可溶性无机物等。主要方法有生物脱氮除磷法、混凝沉淀法、砂滤法、活性炭吸附法、离子交换法和电渗析法等。

整个过程为通过粗格栅的原污水经过污水提升泵提升后，经过格栅或者筛滤器，之后进入沉砂池，经过砂水分离的污水进入初次沉淀池，以上为一级处理（即物理处理），初沉池的出水进入生物处理设备，生物处理有活性污泥法和生物膜法，其中活性污泥法的反应器有曝气池，氧化沟等，生物膜法包括生物滤池、生物转盘、生物接触氧化法和生物流化床，生物处理设备的出水进入二次沉淀池，二次沉淀池的出水经过消毒排放或者进入三级处理，一级处理结束到此为二级处理，三级处理包括生物脱氮除磷法，混凝沉淀法，砂滤法，活性炭吸附法，离子交换法和电渗析法。二次沉淀池的污泥一部分回流至初次沉淀池或者生物处理设备，一部分进入污泥浓缩池，之后进入污泥消化池，经过脱水和干燥设备后，污泥被最后利用。工艺流程图如图 13-1 和图 13-2 所示。

13.2 控制系统的硬件设计

1. 控制系统的选型

根据生产线的实际控制要求，采用触摸屏与手动并用的控制方式。PLC 选用 FX2N-128MR-001+FX2N-16EX*1，触摸屏选用台达 DOP-AE 系列。DOP-AE 具有以下特点：

- 1) 自带 3 个 COM 端口，支持 3 通信口联机功能，可同时连接 3 种不同通信格式的控制器，构成多机联机网络；
- 2) 背部提供功能卡插槽，支持打印机，后续开发其他扩充功能卡；
- 3) 创新的在线/离线模拟功能，方便设计者在程序开发阶段进行程序编辑与除错；



- 4) 支持 SMC、Card 存取人机资料;
- 5) USB1.1 高速下载规划程序;
- 6) 支持 Slave 功能, 构架监控网络;
- 7) 提供编辑功能。

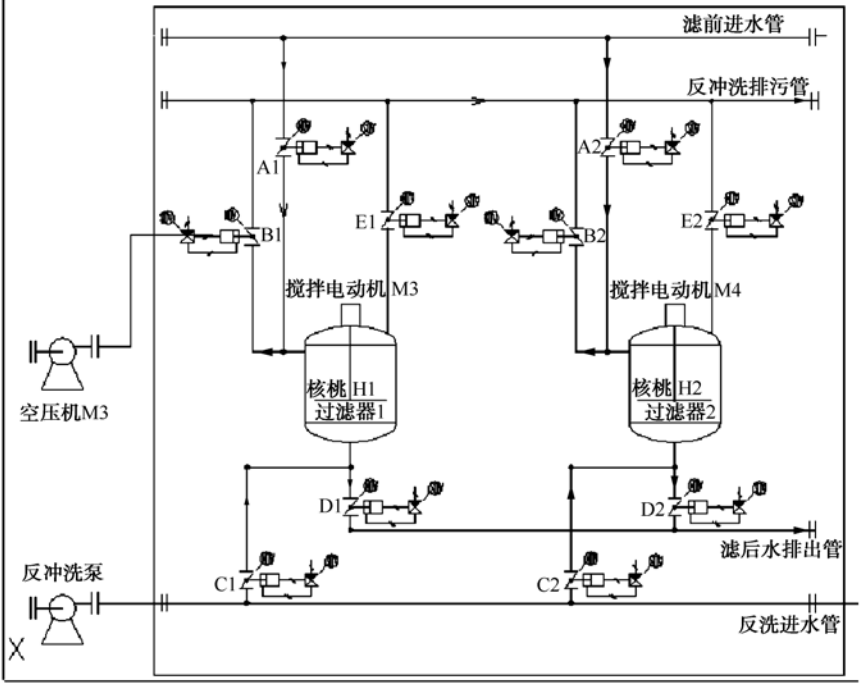


图 13-1 污水处理工艺流程图 1

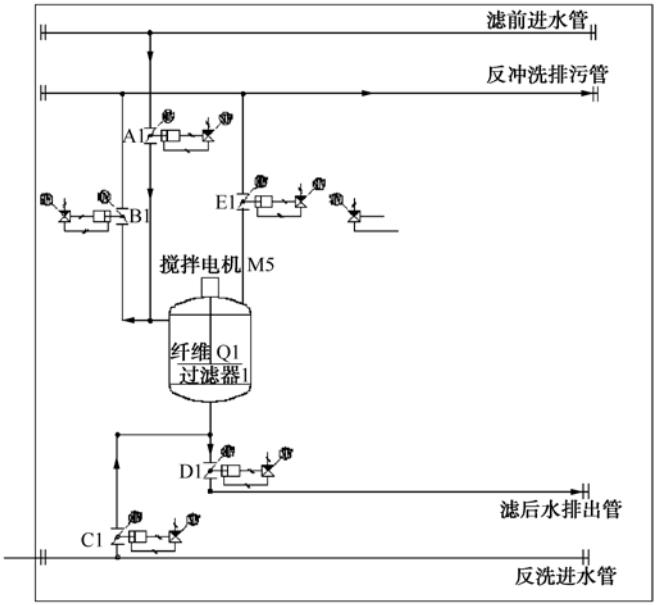


图 13-2 污水处理工艺流程图 2



2. 部分控制电路

(1) 提升池泵控制电路

如图 13-3 所示，当按下按钮 SF1，KM1，线圈得电，自锁 1 号提升池泵 1 开启；当按下按钮 SS1，提升池泵停止运转。1 号提升池泵 2、2 号提升池泵 1、2 号提升池泵 2、排风机的运行如同 1 号提升池泵 1 的运行。

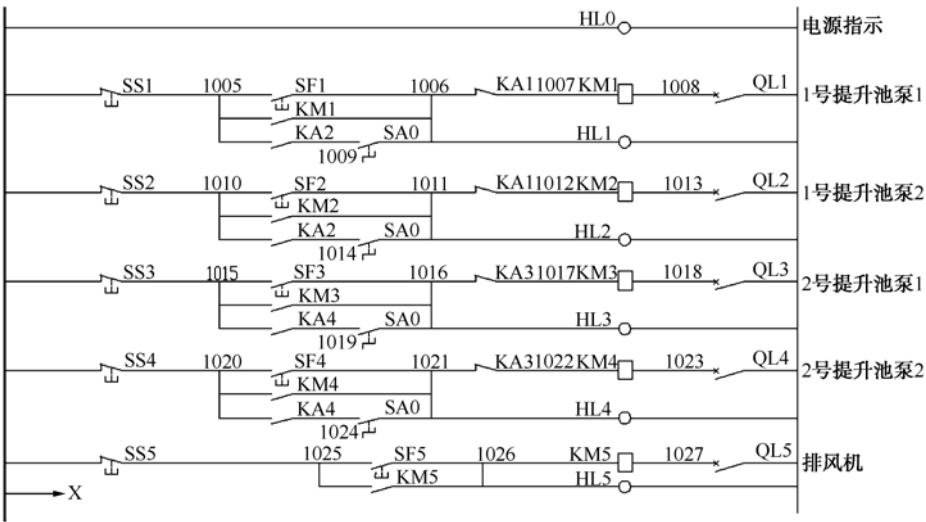


图 13-3 提升池泵控制电路

(2) 加药装置电路

加药装置电路如图 13-4 所示。SA4 在这里为现场手动/远程自动按钮。当选择远程自动操作时，其远程自动信号得电闭合，按下 QL1 时，加药搅拌电动机得电工作，指示灯亮。按下 QL2 时，加药计量泵得电工作，指示灯 HL2 得电亮。当选择手动操作时，按下 SF1、QL1，加药搅拌电动机得电自锁运行，指示灯 HL1 亮。按下 SF2、QL2，加药计量泵得电自锁运行，指示灯 HL2 亮。

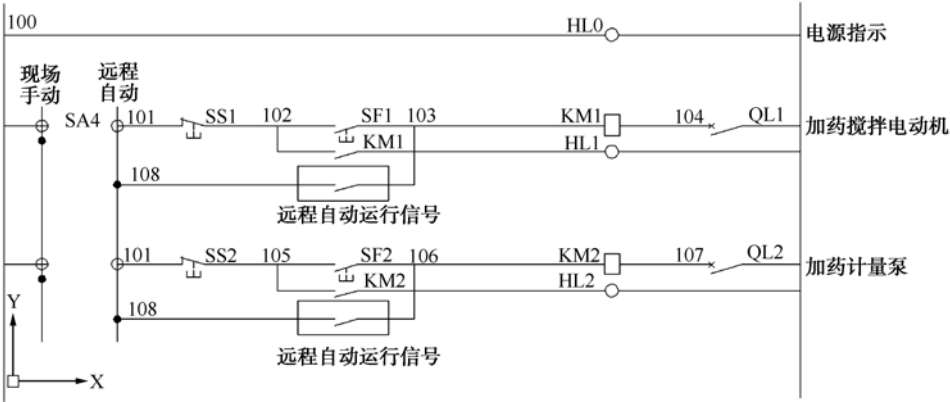
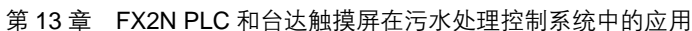


图 13-4 加药装置控制电路



X000	手动/自动	X033	备用出水阀启动
X001	自动启动	X034	备用出水阀停止
X002	自动停止	X035	在线清洗泵启动
X003	系统急停	X036	在线清洗泵停止
X004	系统复位	X037	回用水消毒泵启动
X006	污水提升泵 1 启动	X040	回用水消毒泵停止



续表

X007	污水提升泵 2 停止	X110	污水提升泵 1 故障
X010	污水提升泵 2 启动	X111	污水提升泵 2 故障
X011	污水提升泵 2 停止	X112	曝气电动阀 1 故障
X012	曝气电动阀 1 开	X113	曝气电动阀 2 故障
X013	曝气电动阀 1 关	X114	曝气风机 1 故障
X015	曝气电动阀 2 开	X115	曝气风机 2 故障
X016	曝气电动阀 2 关	X116	出水电动阀故障
X020	曝气风机 1 启动	X117	出水泵 1 故障
X021	曝气风机 1 停止	X120	出水泵 2 故障
X022	曝气风机 2 启动	X121	回用水泵故障
X023	曝气风机 2 停止	X122	在线清洗泵故障
X024	出水电动阀开	X123	反应池排污泵故障
X025	出水电动阀关	X124	车间排污泵故障
X027	出水泵 1 启动	X125	备用故障
X030	出水泵 1 停止	X100	膜清洗泵 2 启动
X031	出水泵 2 启动	X101	膜清洗泵 2 停止
X032	出水泵 2 停止	X102	反应池排污泵启动

表 13-2 输入/输出触点分配 2

X103	反应池排污泵停止	Y022	车间排污泵运行
X104	车间排污泵启动	X134	曝气电动阀 2 开到位
X105	车间排污泵停止	X135	曝气电动阀 2 关到位
X106	备用	X136	出水电动阀开到位
X107	备用	X137	出水电动阀管到位
X130	污水提升泵低液位	Y000	污水提升泵 1 运行
X131	车间污水低液位	Y001	污水提升泵 2 运行
X132	曝气电动阀 1 开到位	Y002	曝气电动阀 1 开
X133	曝气电动阀 2 关到位	Y003	曝气电动阀 1 关
Y005	曝气电动阀 2 关	Y004	曝气电动阀 2 开
Y006	曝气风机 1 运行	Y023	备用泵运行
Y007	曝气风机 2 运行	Y024	系统运行
Y010	出水电动阀开	Y025	系统待机
Y011	出水电动阀关	Y026	故障光报警
Y012	出水泵 1 运行	Y027	故障声报警
Y013	出水泵 2 运行	M0	急停
Y014	回用水泵运行	M1	手动
Y015	在线清洗泵运行	M2	自动
Y016	回用水消毒泵运行	M3	自动启动运行提升泵 1 启动
Y017	膜清洗泵 1 运行	M4	自动停止运行停提升泵 1-2
Y020	膜清洗泵 2 运行	M5	故障报警
Y021	反应池排污泵运行	M6	消音



13.3 PLC 程序

1. 时钟设置程序

当 X000=1 时，M8015 时钟预置启动，M0 线圈得电，M0 使时钟设置程序启动，如图 13-7 所示。

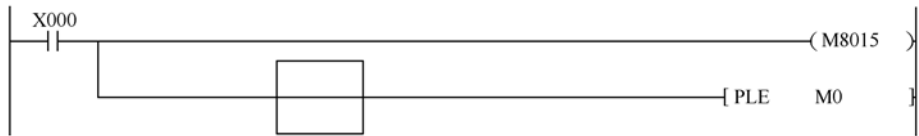


图 13-7 时钟预置程序

指令 TRD 用于将 PLC 中的实时时钟数据读到 7 个数据寄存器中。这 7 个特殊数据寄存器为 D8013~D8019，用于存放年、月、日、时、分、秒和星期，见表 13-3 和表 13-4。

表 13-3 特殊寄存器

元件	时间	时钟数据
D8018	年	0~99（公历后两位）
D8017	月	1~12
D8016	日	1~31
D8015	时	0~23
D8014	分	0~59
D8013	秒	0~59
D8019	星期	0（日）~6（六）

表 13-4 时间寄存器

元件	时间
D0	年
D1	月
D2	日
D3	时
D4	分
D5	秒
D6	星期

当 X002=1 时，执行 TRD 指令，将 D8013~D8019 中的时间读到对应的数据寄存器 D0~D6 中。如图 13-8 所示，在这段程序中所设时间为 2008 年 4 月 29 日 17 时 27 分 16 秒星期 2。

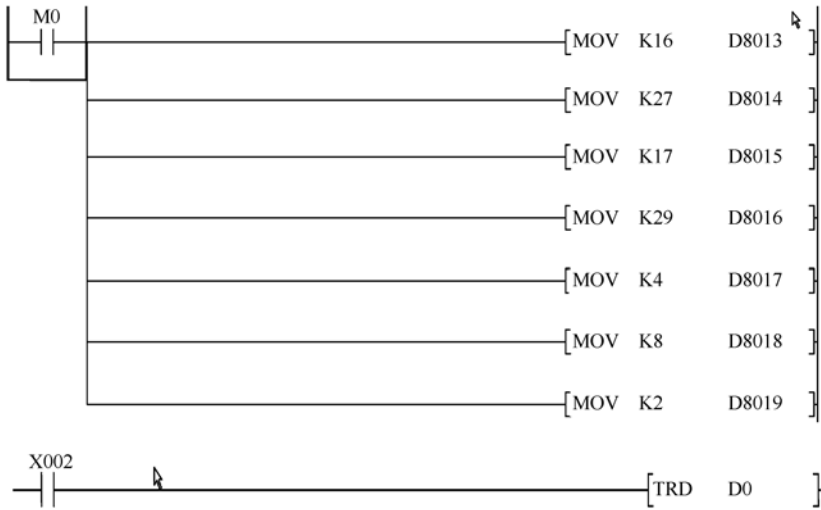


图 13-8 数据写入程序



2. 时钟比较程序

时钟比较程序如图 13-9 所示。时钟比较指令 TCMP 用于将源数据 K17、K29、K10 即 17 时 29 分 10 秒和起始的 3 点时间数据进行比较即，17 时 27 分 16 秒，当前者大于后者时，M100=1 得电，程序跳转到当前程序运行；当前者等于后者时，M101=1 得电，程序跳转到当前程序运行；当前者小于后者时，M102=1 得电，程序跳转到当前程序运行。

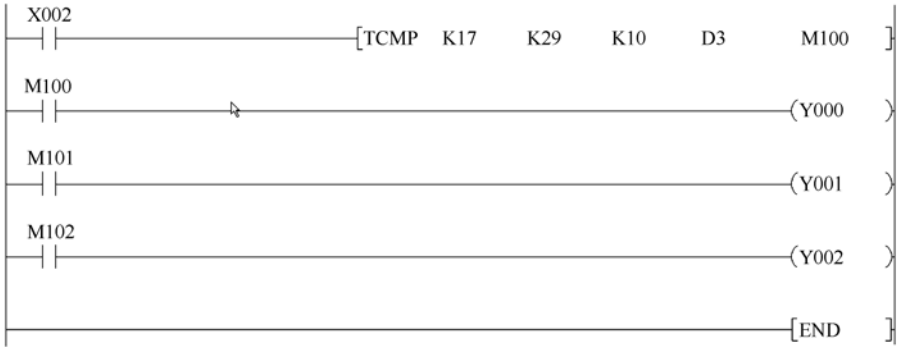


图 13-9 时钟比较程序

3. 自动启动程序

当 X000=1 得电时，线圈 M2 得电，采用自动程序，如图 13-10 所示。

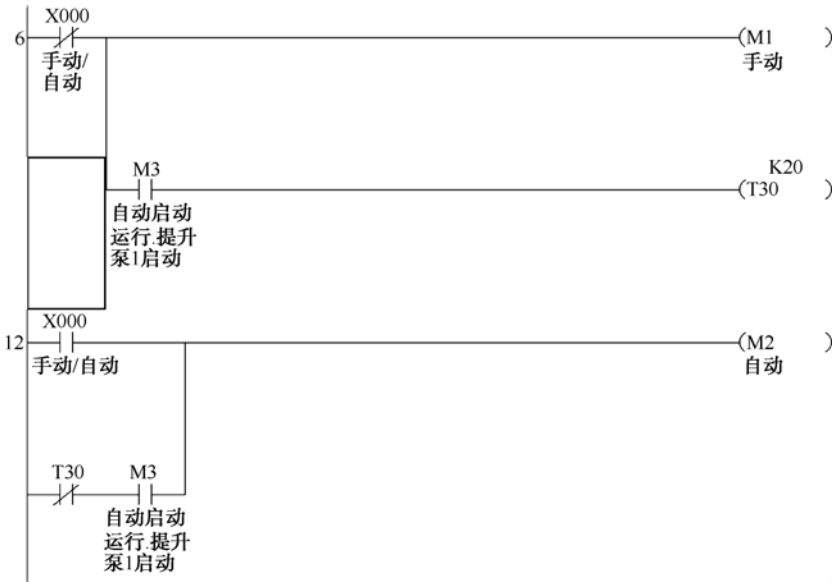


图 13-10 自动启动程序

提升泵 1 启动程序如图 13-11 所示。当给 X001 通电或 M52 得电时，线圈 M3 得电自锁，自动启动运行，提升泵 1 启动。启动后 X002 不起作用，只有 T10 时间后，才允许关闭 M3。M52、M53 在触摸屏上分别起自动启动和自动停止的作用。

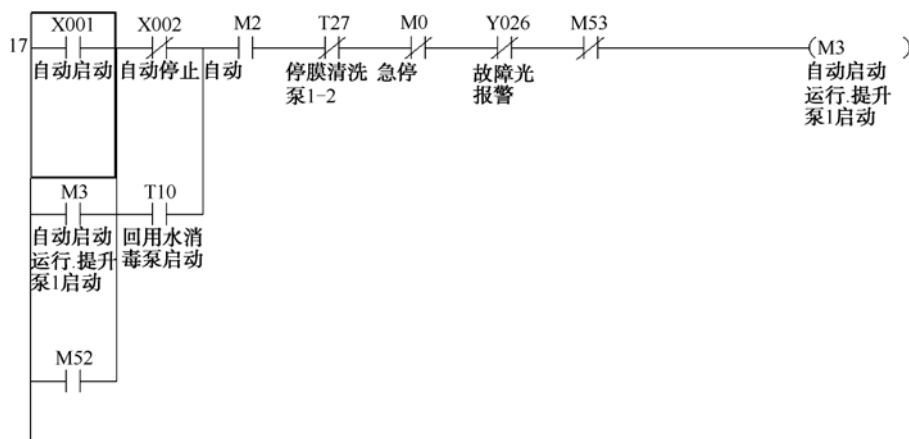


图 13-11 提升泵 1 启动程序

4. 自动停止程序

自动停止程序如图 13-12 所示。

当 X002 得电或 M53 得电时，M4 得电自锁自动停止。

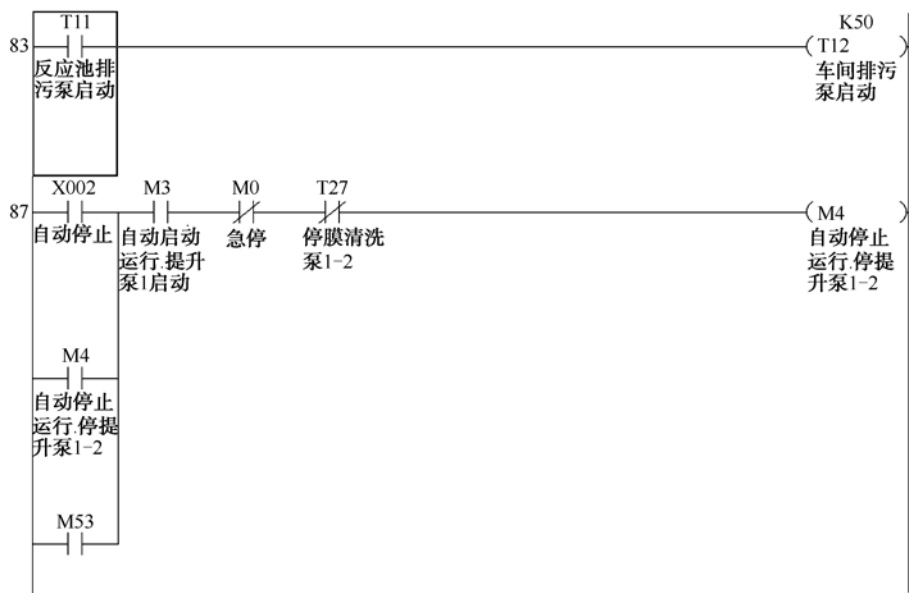


图 13-12 自动停止程序

5. 急停程序

急停程序如图 13-13 所示。当 X003 得电或 M50 得电时，线圈 M0 得电自锁，系统急停，所有的输出复位。

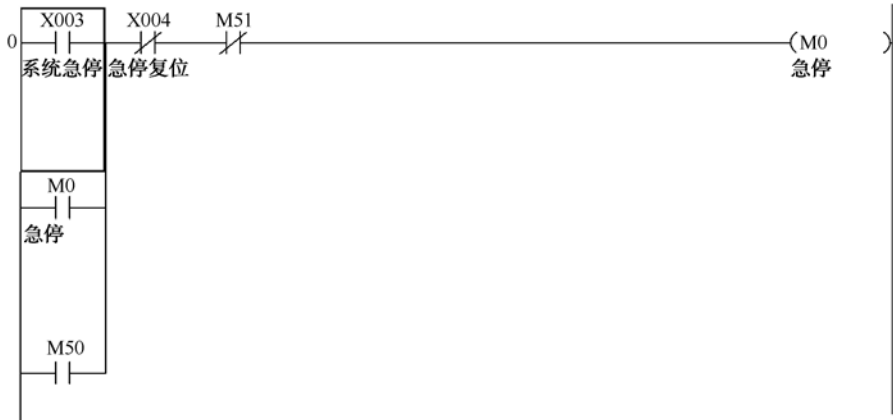


图 13-13 急停程序

13.4 触摸屏界面制作

1. 新建工程

(1) 选择工程

启动 EXIO，单击“文件”下拉图标中的“新建”按钮，打开“新专案”对话框，显示如图 13-14 所示界面。

(2) 人机界面种类的选择

在“新专案”对话框中的“人机界面种类”下拉框中选择“DOP-AE80THTD 65536 Colors”，显示如图 13-15 所示界面。



图 13-14 选择工程

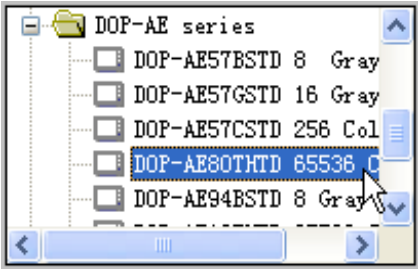


图 13-15 人机界面种类选择

单击“确定”按钮，进入下一窗口，显示如图 13-16 所示界面。

(3) 模块参数的设置

在图 13-16 中，单击“选项”下拉菜单中的“设置模块参数”，如图 13-17 所示。

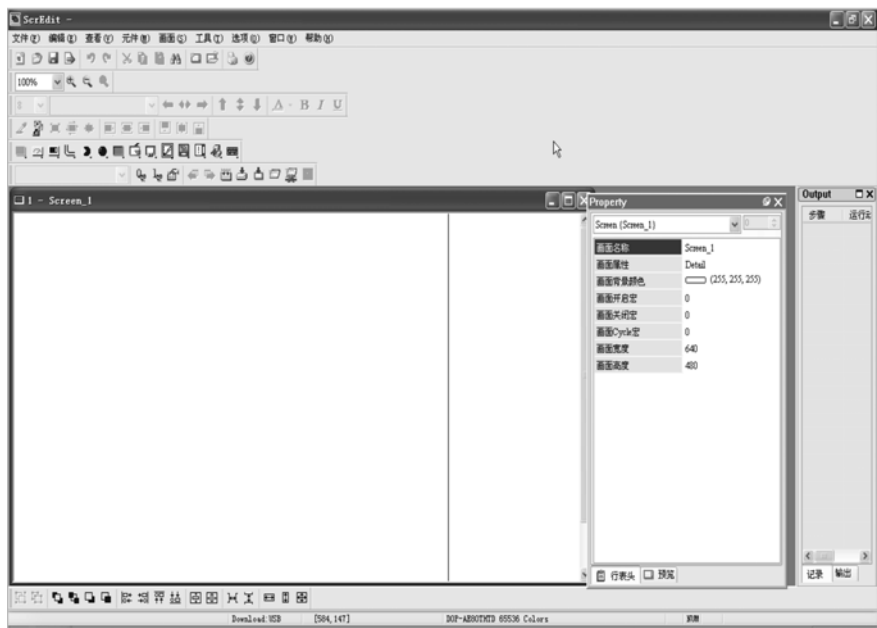


图 13-16 新界面

在打开的“模块参数”对话框中选择“其他”选项，再选取“EX-IO 梯形图编译”，显示如图 13-18 所示界面。

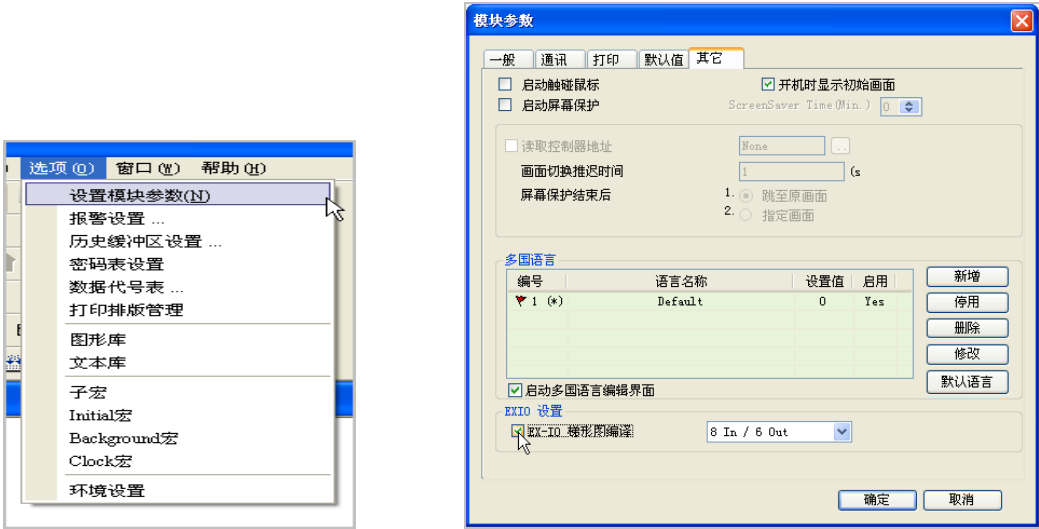


图 13-17 模块参数选择

图 13-18 梯形图编辑选择

2. 触摸屏界面分配

(1) 触摸屏界面分配

根据工艺要求，设计出 7 幅界面分别是欢迎界面、自动操作、状态指示灯、手动操作、系统状态、操作说明、报警。通过界面切换按钮可以切换到各个界面，如图 13-19 所示。



(2) 界面的创建

单击“界面”下拉菜单中的“界面属性”，如图 13-20 所示界面。

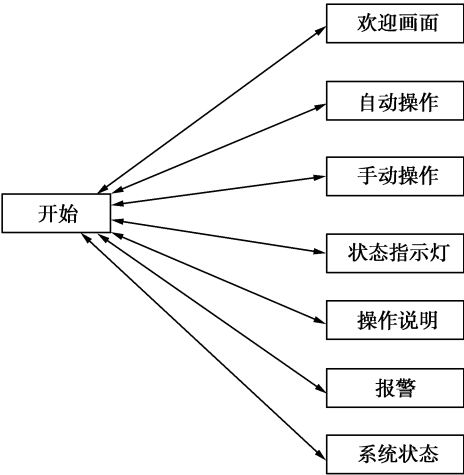


图 13-19 界面控制图

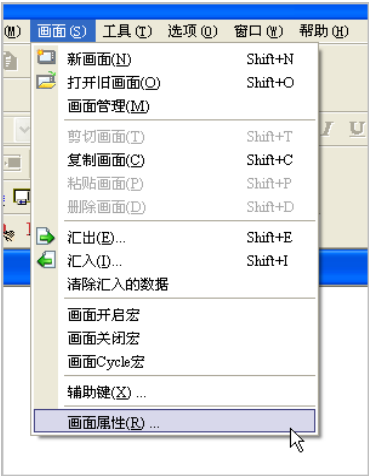


图 13-20 创建界面

在打开的“界面设置”对话框中的“EXIO 指示灯”中输入你想要的输入/输出，以及显示方式等内容。如图 13-21 所示界面。

(3) 输入界面标题

单击“界面”下拉菜单中的“新界面”，在打开的对话框中输入界面名称，单击“确定”按钮后，第 2 幅界面将被创建。如图 13-22 所示界面。

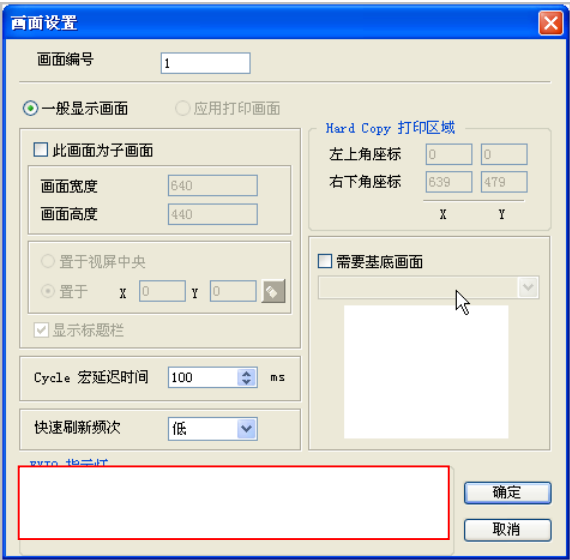


图 13-21 “界面设置”对话框

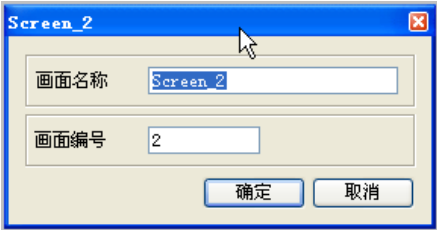


图 13-22 新界面

用上述方法依次创建 7 幅空的界面。



3. 开始界面的制作

(1) 欢迎界面的制作

欢迎界面如图 13-23 所示，主要有静态文字、日期显示、按钮菜单 3 种元件。



图 13-23 欢迎界面

在元件的下拉菜单的“绘图”中选择“静态文字”。如图 13-24 所示。

在“Property”对话框中的“文字”中输入“欢迎使用”，“文字大小”选择“32”。如图 13-25 所示。

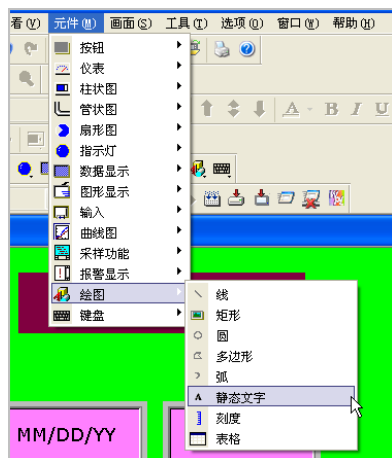


图 13-24 静态文字输入图



图 13-25 文字输入

“文字颜色”选择绿色。如图 13-26 所示。

按同样的方法在“元件”下拉菜单的“数据显示”中分别选择“日期显示”和“时间显示”。在“按钮”中选择“换页面”来完成“菜单”的制作。



4. 自动界面的制作

自动界面如图 13-27 所示，主要有按钮自动启动、自动停止、急停复位、消音、急停、各种状态指示元件。



图 13-26 颜色选择

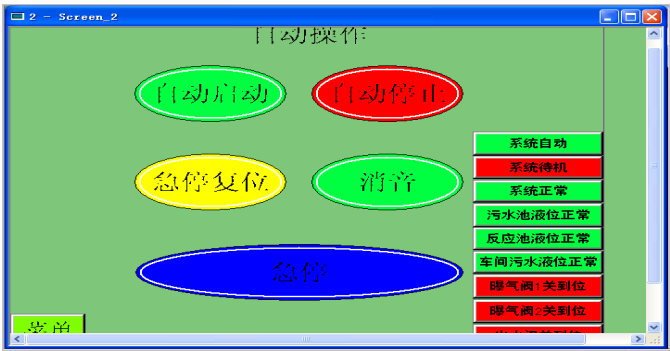


图 13-27 自动界面

(1) 按钮的制作

在“按钮”选项中选择“保持型”，在“Property”对话框的“写入寄存器地址”和“读取寄存器地址”对话框中的“元件”中选取“M”，在“地址（数值）”中写入“52”。如图 13-28 所示。



图 13-28 写入寄存器设置

在“文字”中输入“自动启动”，“文字大小”为 32。自动停止、急停复位、消音、急停的制作如同自动启动。不过他们寄存器地址各不相同，分别是 53、51、88、50。为了便于分辨，分别采用不同的颜色。

自动启动按钮对应 PLC 程序如图 13-29 所示。当 X000=1 得电时，线圈 M2 得电，采用自动程序。

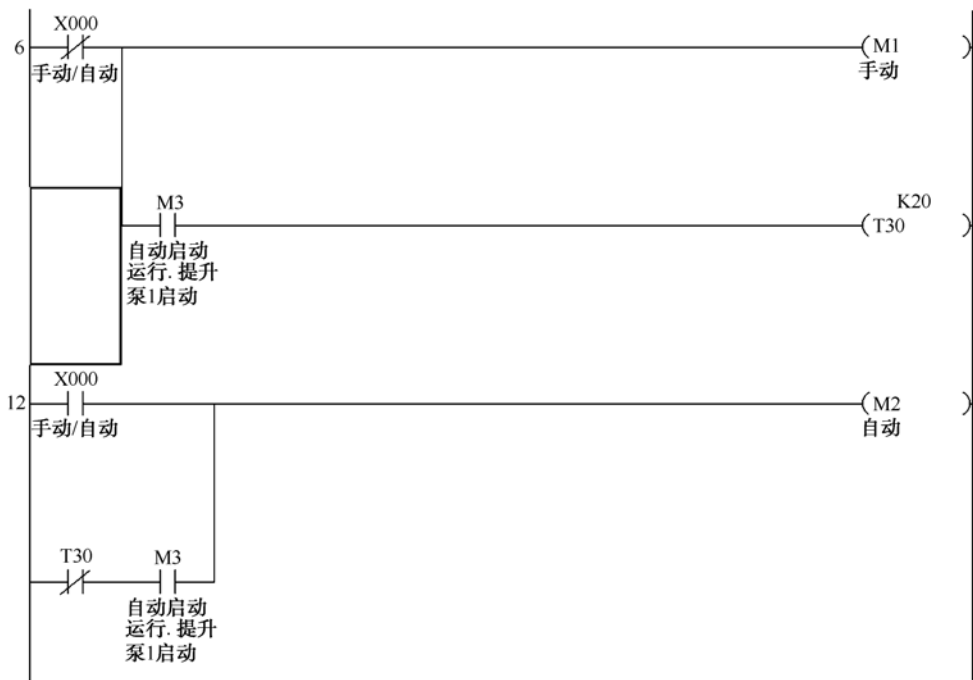


图 13-29 自动启动程序

提升泵 1 启动程序如图 13-30 所示。当给 X001 通电或 M52 得电时，线圈 M3 得电自锁，自动启动运行，提升泵 1 启动。2s 后 T30 得电动作，长闭节点 T30 断开，M3 失电。

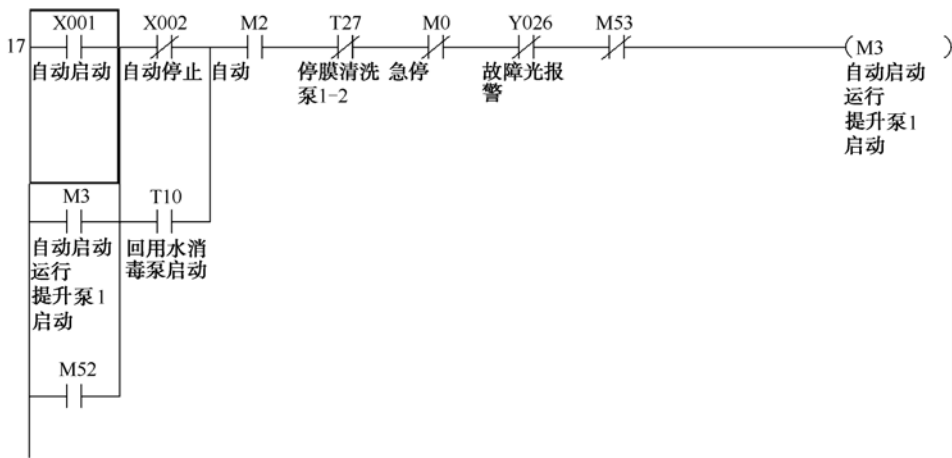


图 13-30 提升泵 1 启动程序

曝气阀启动程序如图 13-31 所示。提升泵 1 启动 5s 后，T0 得电，提升泵 2 启动，提升泵启动 5s 后，T1、T2 得电，曝气电动阀 1 和曝气阀 2 开。

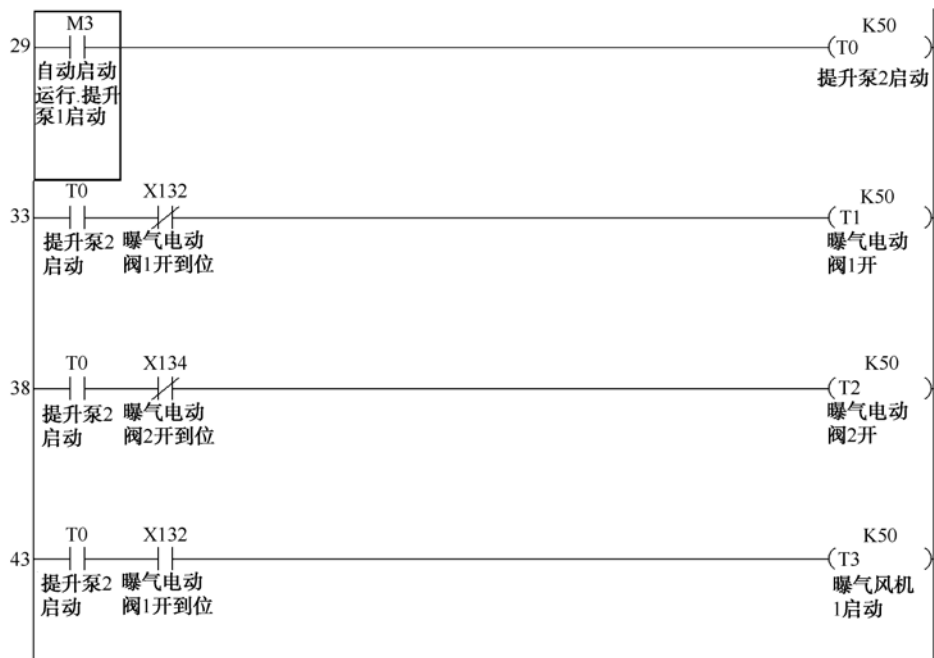


图 13-31 曝气阀启动程序

自动停止按钮对应 PLC 程序如图 13-32 和图 13-33 所示。当 X002 点电 M4 得电，自锁自动停止。

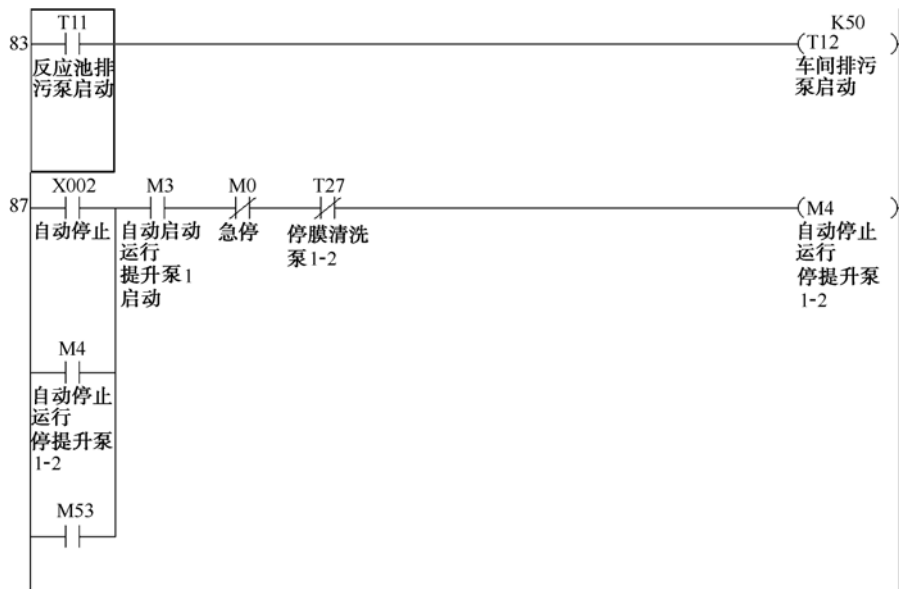


图 13-32 自动停止开始程序

5s 后 T20 得电动作，停曝气风机 1-2。5s 后 T21 动作，关曝气电动阀 1-2。5s 后 T22 动作，停出水泵 1-2。5s 后 T23 动作，关出水电动阀。5s 后 T24 动作，停在线清洗泵，回用水消毒泵。5s 后 T25 动作，停回用水泵，消毒泵。5s 后 T26 动作，停各排污泵。5s 后 T27 动



作，停膜清洗泵 1-2。如图 13-33 所示。

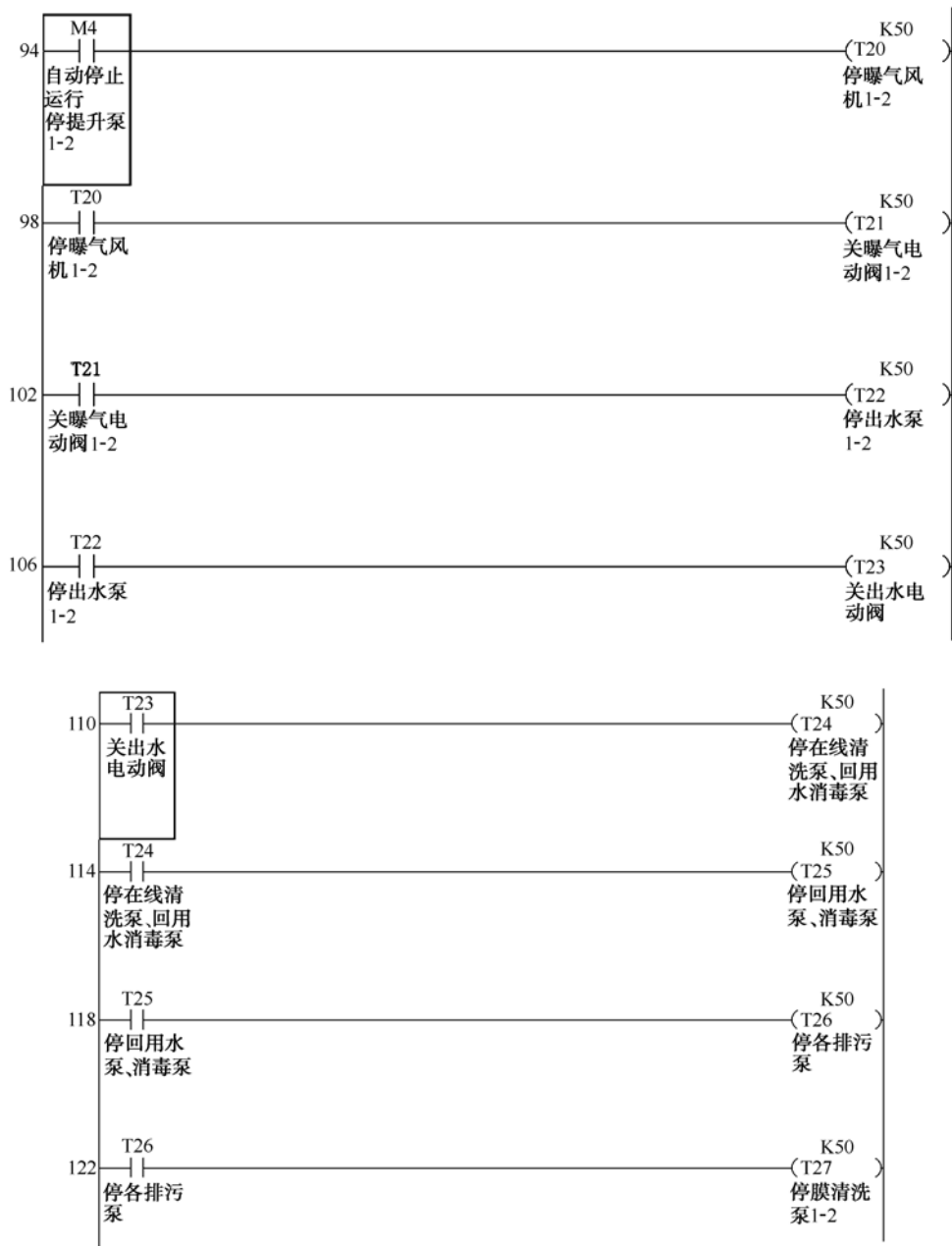


图 13-33 自动延时停止程序

急停按钮对应 PLC 程序如图 13-34 所示。当按下系统急停按钮 X003 时，线圈 M0 得电自锁。所有的输出复位。



图 13-34 急停程序图

消音按钮对应 PLC 程序如图 13-35 所示。当故障报警 M5 动作时，故障光报警和故障声报警也同时动作。当故障解决后就需要将这些报警消音，按下消音按钮 X005，消音线圈 M6 动作自锁。

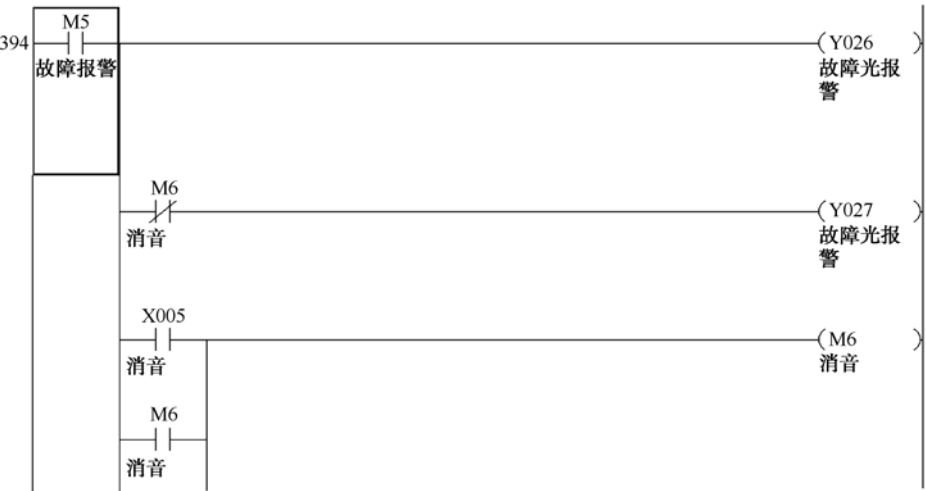


图 13-35 消音程序图

(2) 状态指示灯的制作

在“元件”下拉菜单的“指示灯”中选择“状态指示灯”，在“Property”对话框中的“读取存储器”中的“元件种类”中输入“X”，在“地址（数值）”中输入“0”，单击确定。如图 13-36 所示。

在“文字”中输入“系统自动”，字体大小选择 16，文字颜色为黑色。背景颜色选择绿色。如图 13-37 所示。

系统待机、系统正常、污水池液位正常、反应池液位正常、车间污水液位正常、曝气阀 1 关到位、曝气阀 2 关到位，以及出水阀关到位的制作按照系统自动的步骤来制作。但要将读取存储器地址分别改为 Y24、Y26、X130、X126、X131、M200、M202、M204。为了便于查看和分辨，状态指示灯分别选取不同的颜色。



图 13-36 读取存储器设置

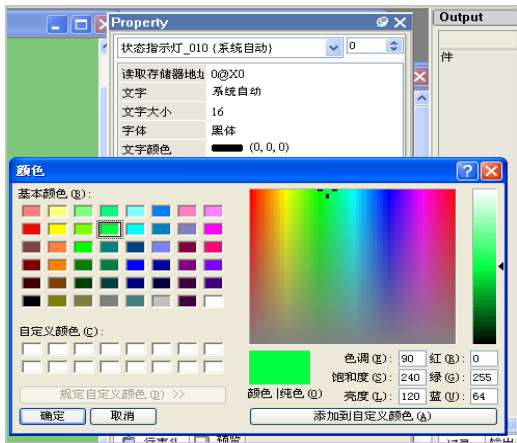


图 13-37 背景颜色选择

5. IO 状态显示界面的制作

IO 状态显示界面如图 13-38 所示。用于显示 PLC 的 IO 状态、系统故障。

在“指示灯”的下拉菜单中选择“简易指示灯”，在“绘图”下拉菜单中选择“静态文字”。

在“元件”下拉菜单的“输入”菜单中选择“数值输入”，在“写入寄存器地址”和“读取寄存器地址”中输入“D100”。如图 13-39 所示。在 PLC 程序中可以将各种故障点传送到 D100 中，如图 13-40 所示。

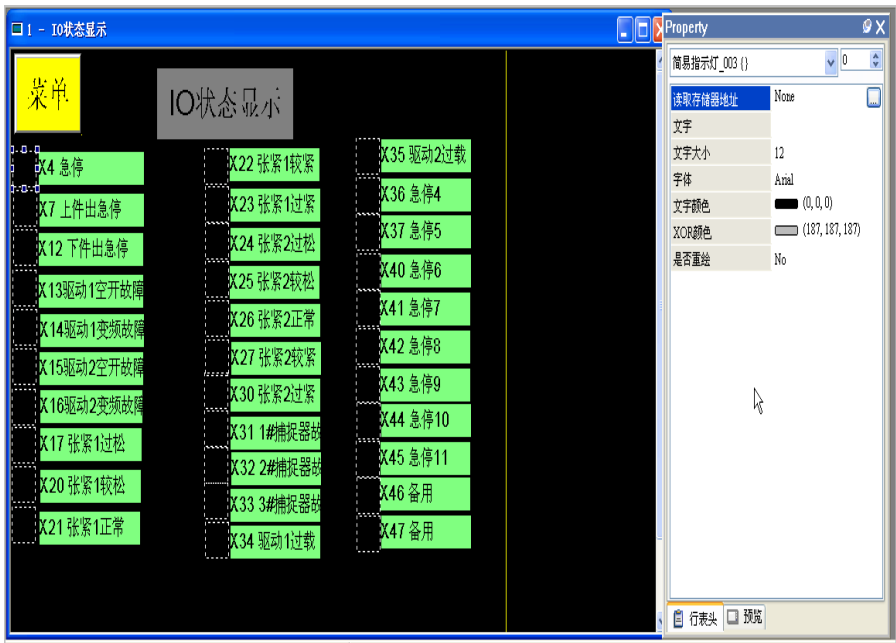


图 13-38 状态显示图



图 13-39 写入存储器设置

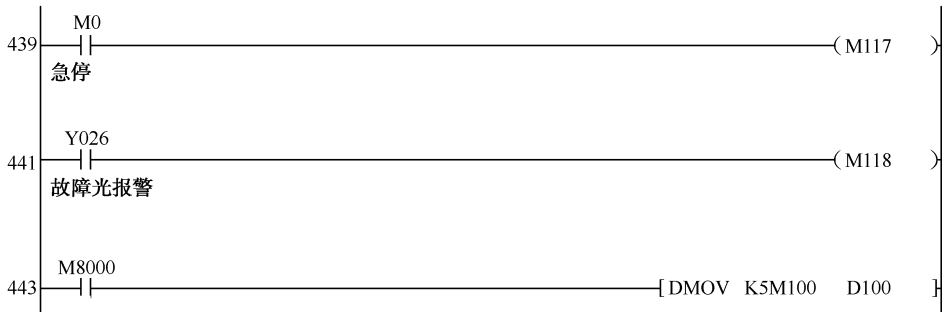


图 13-40 故障点传送到 D100 程序

6. 操作说明界面的制作

在“元件”的下拉菜单的“绘图”中选择“静态文字”。在“Property”对话框的文字中输入说明内容。界面如图 13-41 所示。

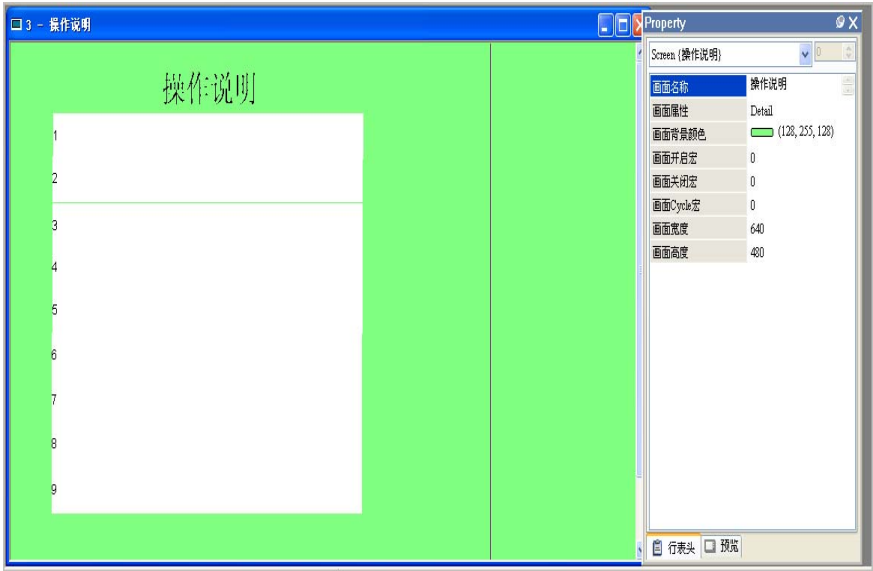


图 13-41 操作说明图



7. 切换界面的制作

为了方便地打开想要观看的页面，将所有的界面名称编辑在一个操作面上，只要操作者单击所要进入的界面，就可很快打开界面。在“元件”的下拉菜单的“按钮”中选择“换界面”。在“Property”文字中输入界面的名称即可。如图 13-42 所示。

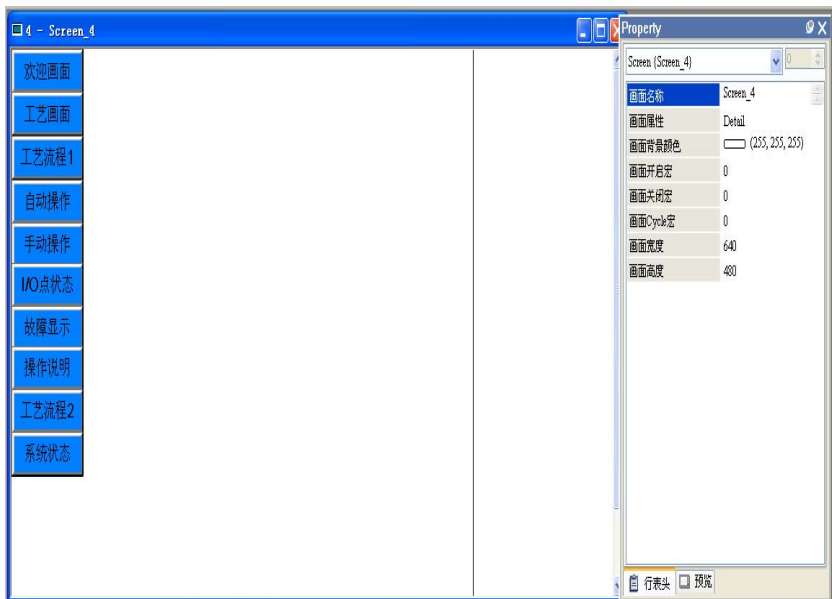


图 13-42 切换界面图

8. 系统运行界面的制作

系统运行界面如图 13-43 所示，用于显示系统待机、故障灯光报警、故障声光报警状态。

在“指示灯”菜单中选择“状态指示灯”，在“Property”对话框读取存储器地址对话框中输入 Y24。在“静态文字”中输入系统运行。如图 13-44 所示。

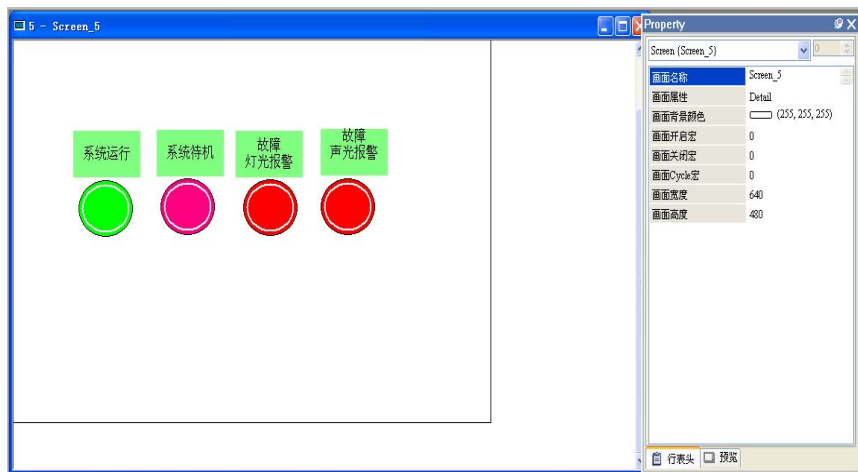


图 13-43 系统运行界面



图 13-44 系统运行存储器地址

系统待机、故障灯光报警、故障声光报警的制作同系统运行。但其存储器地址分别为 Y25、Y26、Y27。

系统待机 PLC 程序如图 13-45 所示。

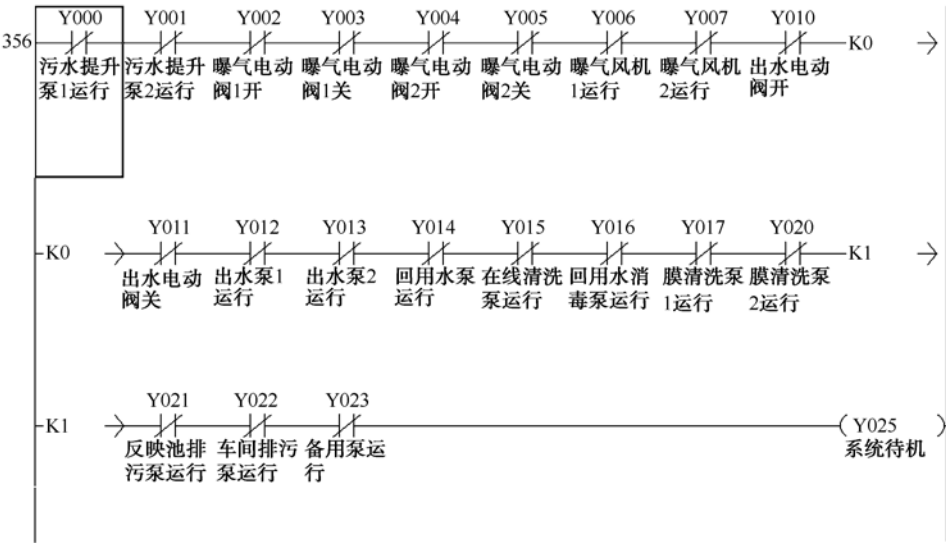


图 13-45 系统待机程序

当任一设备工作，系统处于运行状态。当任一设备中出现故障时，故障报警就会发出报警信号。故障光报警和故障声报警都会动作。如图 13-46 所示。

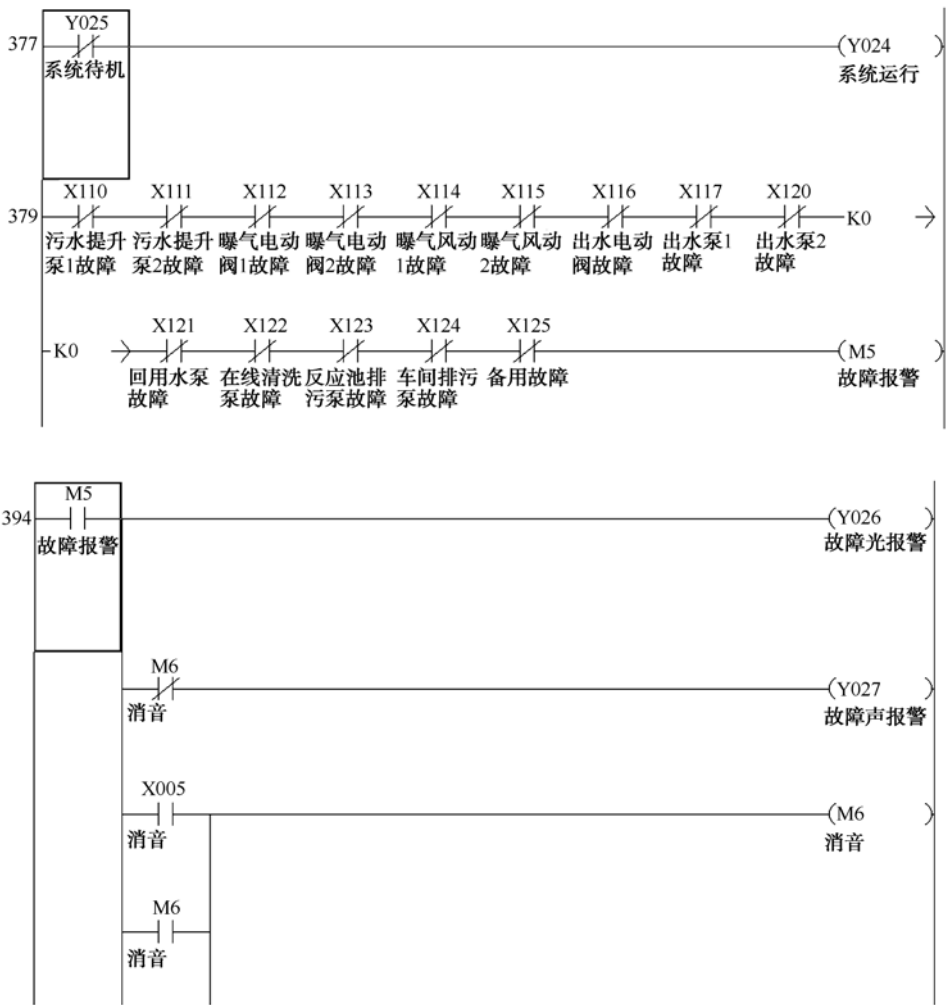


图 13-46 故障报警程序

9. 手动操作界面的制作

(1) 手动操作界面 1 的制作

在“图形显示”的下拉菜单中选择“状态图显示”，在“按钮”下拉菜单中选择“保持型”。唯一要改动的是“读取存储器地址”。它们各自有自己的输入/输出地址。如图 13-47 所示。

具体制作过程如下：首先是状态指示灯的制作，在“指示灯”的下拉菜单中选取“状态指示灯”，在“Property”对话框的“读取存储器地址”中输入“Y30”。如图 13-48 所示。

图形名称选择“HMI001”，如图 13-49 所示。

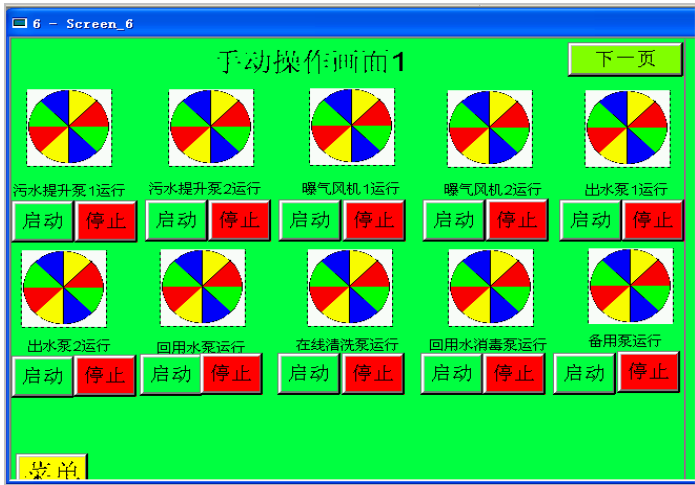


图 13-47 手动操作 1 界面



图 13-48 指示灯写入存储器设置

启动、停止按钮的制作：在“按钮”下拉菜单中选择“保持型”，在“Property”对话框的写入存储器地址和读取存储器地址中输入“M54”（启动）、“M55”（停止）。如图 13-50 所示。

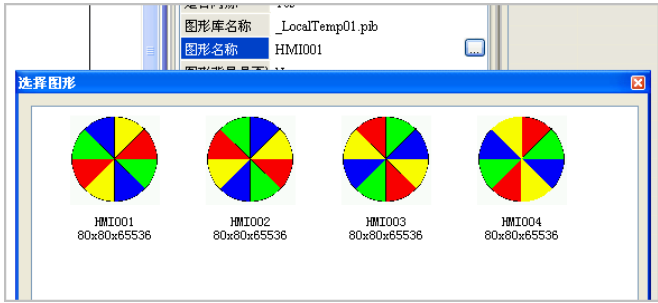


图 13-49 图形选择



图 13-50 按钮制作图

污水提升泵 1 程序如图 13-51 所示。手动时 M1 得电，只要按下启动按钮 X006，Y000 得电，自锁污水提升泵 1 运行。状态指示灯亮。当按下停止按钮 X007 时，污水提升泵 1 停止运行。状态指示灯灭。同样，当在触摸屏上使 M54 得电启动运行提升泵 1，当 M55 得电停止运行，停止运行污水提升泵 1。

曝气风机 1、出水泵 1、回用水泵、在线清洗泵、回用水消毒泵运行程序与上面污水提升泵 1 类似，这里不再赘述。

(2) 手动操作界面 2 的制作

手动操作界面 2 的制作如同界面 1 一样。分别是膜清洗泵 1 运行、膜清洗泵 2 运行、反应池排污泵运行、车间排污泵运行、曝气电动阀 1、曝气电动阀 2、出水电动阀。界面如图 13-52 所示。

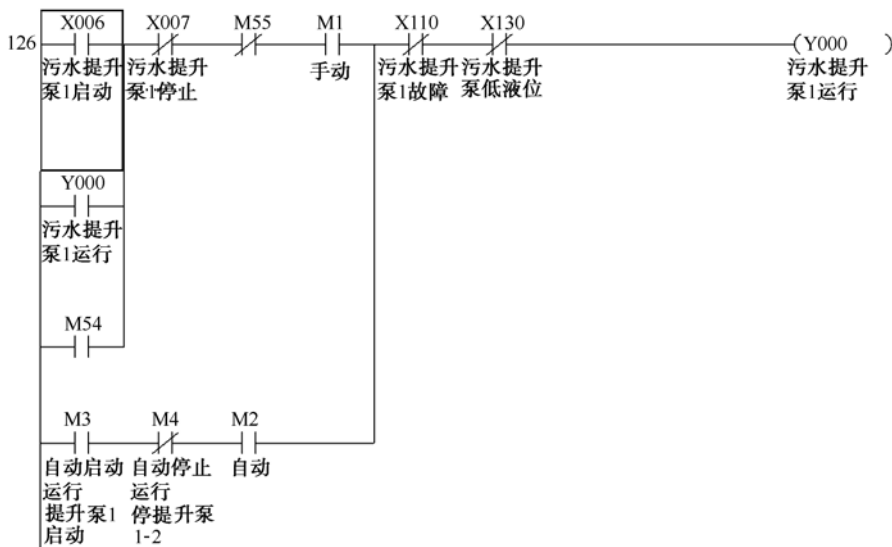


图 13-51 污水提升泵 1 运行程序

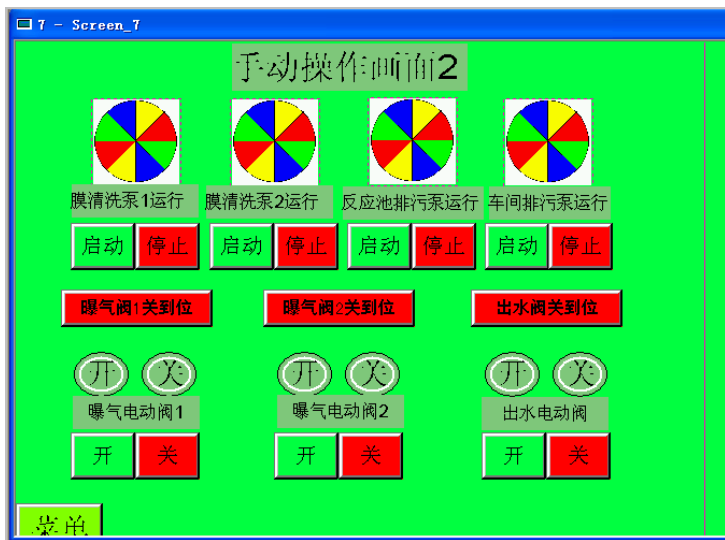


图 13-52 手动操作界面 2

曝气电动阀 1 指示灯制作：在“指示灯”下拉菜单中选择“状态指示灯”，在“Property”对话框的读取存储器地址中输入“M200”，在文字中输入“曝气阀关到位”。如图 13-53 所示。

曝气电动阀 1 按钮开关的制作：按钮选择“保持型”，在“Property”对话框的写入存储器地址和读取存储器地址中输入“M58”（开）、“M59”（关）。如图 13-54 所示。

曝气电动阀 1 开的运行程序如图 13-55 所示，手动操作时 M1 得电，当按下启动按钮 X012 或触摸 M58，线圈 Y002 得电，自锁曝气电动阀 1 开，其状态指示灯“开”，T1 动作，开启曝气电动阀 1；当 T21 得电，自动关闭曝气电动阀 1。



图 13-53 曝气电动阀 1 设置



图 13-54 曝气电动阀 1 按钮开关设置

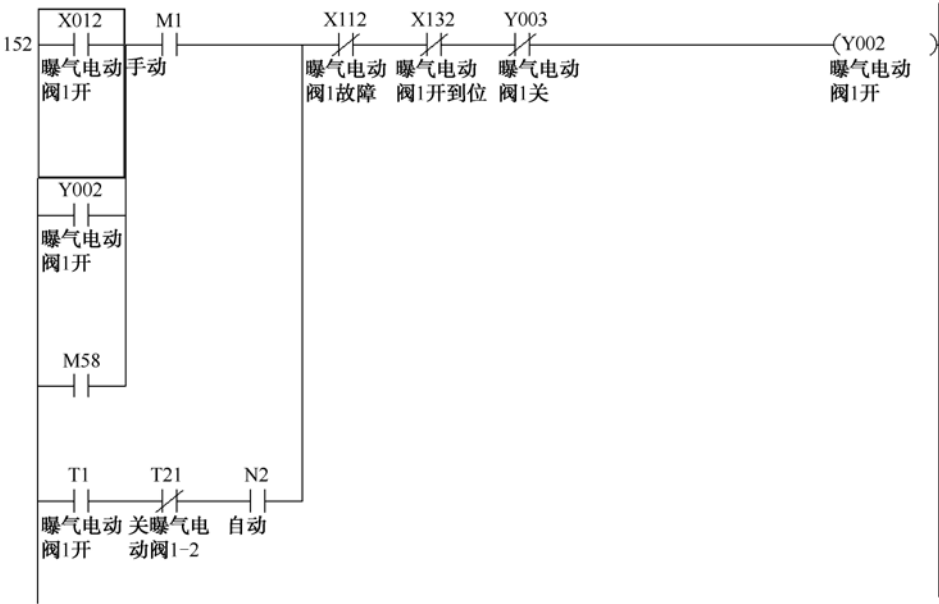


图 13-55 曝气电动阀 1 开程序

曝气电动阀 1 关运行程序如图 13-56 所示，当按下停止按钮 X013 或触摸 M59，线圈 Y003 得电自锁，曝气电动阀 1 关，其状态指示灯显示“关”，当曝气电动阀停止下来时，曝气电动阀 1 关到位，指示灯亮。

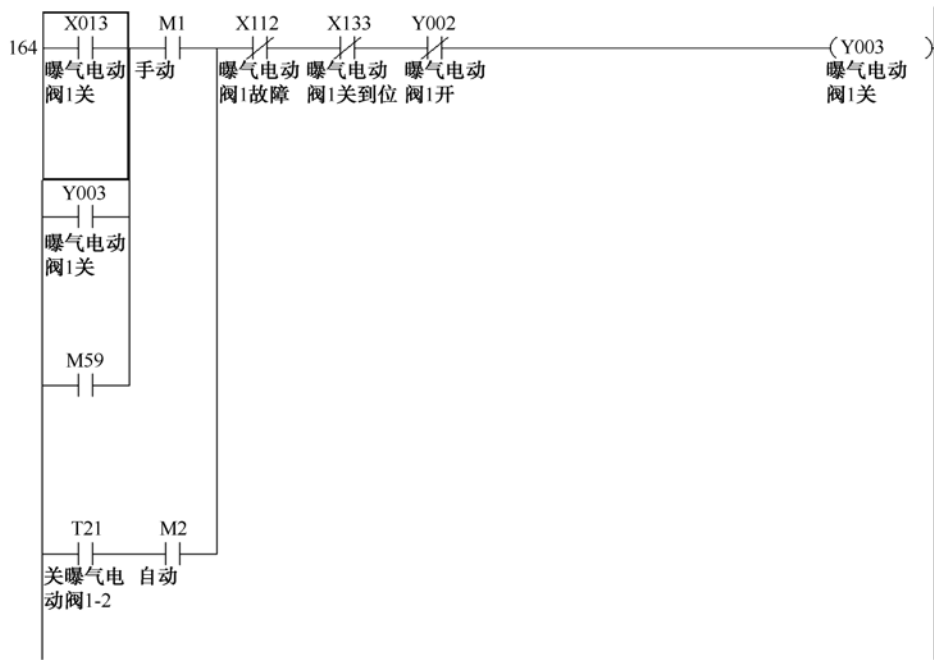


图 13-56 曝气电动阀 1 关程序

膜清洗泵 1、清洗泵 2、反应池排污泵、车间排污泵运行与上述曝气电动阀类似，这里不再赘述。

参 考 文 献

- [1] 方承远. 工厂电气控制技术[M]. 北京: 机械工业出版社, 2000.
- [2] 王永华. 现代电气及可编程控制技术[M]. 北京: 北京航空航天大学出版社, 2002.
- [3] 张凤珊. 电气控制及可编程序控制器[M]. 北京: 中国轻工业出版社, 1999.
- [4] 赵燕, 阮祥发. 可编程控制器原理及应用[M]. 成都: 西南交通大学出版社, 1997.
- [5] 王兆义. 可编程控制器教程[M]. 北京: 机械工业出版社, 1993.
- [6] 田瑞庭. 可编程序控制器应用技术[M]. 北京: 机械工业出版社, 1993.
- [7] 余雷声. 电气控制与 PLC 应用[M]. 北京: 机械工业出版社, 1997.
- [8] 汪晓光等. 可编程序控制器及其应用[M]. 北京: 机械工业出版社, 1995.
- [9] 张文威. PLC 在涂装生产线上的应用[J]. 电机电气技术, 2000 (5) .
- [10] 薛迎成. 研华工控机在客车整车喷烤漆房的应用[J]. 工业控制计算机, 2004.
- [11] 薛迎成. 工控机在发动机涂装生产线的应用[J]. 工业控制计算机, 2006.
- [12] 薛迎成. 模糊神经网络在热处理加热炉的应用[J]. 煤矿机电, 2007.
- [13] 薛迎成. 发动机涂装生产线自动控制[J]. 可编程控制器与工厂自动化, 2006.
- [14] 薛迎成. EVC 触摸工控机在空压机组监测控制系统中的应用[J]. 新技术新工艺, 2004.
- [15] 薛迎成. PLC 模糊神经网络变频调速系统[J]. 组合机床与自动化加工技术, 2003.
- [16] 薛迎成. 研华工控机在污水处理控制系统中的应用[J]. 现代制造技术与装备, 2009.
- [17] 薛迎成. kingview 组态软件在洋河污水处理厂控制系统中的应用[J]. 烟台职业学院学报, 2009.
- [18] 薛迎成. PLC 和触摸屏在热处理线上的应用[J]. 机械与电子, 2008.
- [19] 薛迎成. PLC 在清洗机中的应用[J]. 自动化技术与应用, 2008.
- [20] 薛迎成. 2604 表在热处理炉渗碳控制中的应用[J]. 工业仪表与自动化装置, 2008.
- [21] 薛迎成. 欧姆龙 PLC 在回火炉上的应用[J]. 中国水运, 2007.
- [22] 薛迎成. 滴注式加热炉控制系统[J]. 热加工工艺, 2007.
- [23] 薛迎成. 模糊神经网络在热处理加热炉的应用[J]. 煤矿机电, 2007.
- [24] 薛迎成. 工控机在发动机涂装生产线的应用[J]. 工业控制计算机, 2006.
- [25] 薛迎成. 工业控制机课程教学体系的改革实践[J]. 工业控制计算机, 2006.
- [26] 薛迎成. 发动机涂装生产线自动控制[J]. 可编程控制器与工厂自动化, 2006.
- [27] 薛迎成. PLC 模糊神经网络变频调速系统[J]. 电气传动自动化, 2004.
- [28] 薛迎成. 化纤厂侧吹风空调过程控制[J]. 制冷与空调, 2004.
- [29] 薛迎成. 电气专业工控机教学实验的开发[J]. 工业控制计算机, 2004.
- [30] 薛迎成. 三菱 GT1175 触摸屏和 PLC 在涂装生产线上的应用[J]. 机械工程与自动化, 2009.
- [31] 薛迎成. 工控机及组态控制技术原理与应用[M]. 北京: 中国电力出版社, 2007.
- [32] 薛迎成. 工业组态技术基础及应用[M]. 北京: 中国电力出版社, 2009.